

Projecte final de carrera  
Facultat de Ciències  
Llicenciatura Ciències ambientals



Universitat Autònoma  
de Barcelona

# **Avaluació dels nivells de nitrats i duresa a l'aigua de consum a quatre zones d'Espanya participants a l'estudi epidemiològic Infància i Medi Ambient (INMA)**

Autora: Anna Navarro Albiol

Directores: Dra. Cristina Villanueva Belmonte i Dra. Laia Font Ribera

Tutora: Dra. Maria Sala Serra

Bellaterra, 30 juny 2014



*“Tú debes ser el cambio que deseas ver en el mundo”*

*Mahatma Gandhi*

*Aquest projecte ha estat imprès a doble cara i amb paper lliure de clor per tal de minimitzar l'impacte sobre el medi ambient.*



## AGRAÏMENTS

Aquest treball de final de carrera ha estat realitzat sota la supervisió de les doctores Cristina Villanueva i Laia Font, a qui m'agradaria agrair per donar-me l'oportunitat de treballar amb l'equip INMA i per haver confiat en mi. Gràcies pel vostre temps, per la vostra dedicació, per ajudar-me a posar en ordre les idees i l'estructuració del treball i per les revisions realitzades, ja que sense el vostre suport al llarg de tot aquest temps no hagués estat possible.

També, li voldria agrair la col·laboració de tot l'equip del CREAL, els responsables de cada cohort, ajuntaments i empreses distribuïdores d'aigua per facilitar-me la realització d'aquest projecte. En especial, a la Nàdia Espejo per ajudar-me amb els petits dubtes que em sorgien dia a dia i per les llargues estones dedicades a la base de dades i al programa STATA i a la Lourdes Arjona per acompanyar-me als mostrejos realitzats a Sabadell. I per últim, la Kyriaki per estar donant-me recolzament de manera desinteressada constantment.

Tampoc m'oblido de les “nenes” que han estat al meu costat durant aquest quatre anys de carrera i han despertat en mi una part que desconeixia. Gràcies per ser com sou i per apreciar-me d'aquesta manera incondicional. I als amics, que després de compartir tants moments junts, puc compartir el final d'aquesta etapa que ha significat molt per a mi.

I per acabar, gràcies a la família, per donar-me aquesta oportunitat i estar allà sempre que ho necessito. Tinc molta sort en tenir-vos.

Moltes gràcies a tots, de tot cor.



# Resum de Treball Final de Carrera

*Facultat de Ciències, Llicenciatura Ciències Ambientals,  
Universitat Autònoma de Barcelona*

**Títol:** Avaluació dels nivells de nitrats i duresa a l'aigua de consum a quatre zones d'Espanya participants a l'estudi epidemiològic Infància i Medi Ambient (INMA)

**Paraules clau:** estudi epidemiològic, projecte INMA, nitrats, duresa de l'aigua, baix pes en néixer, èczema infantil.

**Autora:** Anna Navarro Albiol

**Directores:** Dra. Cristina Villanueva Belmonte i Dra. Laia Font Ribera

**Tutora:** Maria Sala Serra

**Data:** Juny 2014

L'aigua és un dels components bàsics per a la vida i una font d'exposició a contaminants ubiqua, ja que tota la població en consumeix. L'estudi epidemiològic INMA avaluarà si l'exposició a nitrats durant l'embaràs i a la duresa de l'aigua durant la infància es relaciona amb el baix pes al néixer i l'èczema atòpica, respectivament. Objectiu: Fer una avaluació dels nivells de nitrats i duresa de l'aigua en aigua de consum de la població de l'estudi INMA. Metodologia: l'estudi descriptiu realitzat a quatre de les set cohorts INMA, a Astúries, Guipúscoa, Sabadell i València. S'ha recopilat dades dels nivells de nitrats i duresa a l'aigua de consum dels municipis durant el període d'interès (2003 al 2008 i 2004 al 2012), a través d'ajuntaments i companyies d'aigua. S'ha calculat la mitjana, la desviació estàndard, el màxim i el mínim dels nivells de nitrat i de duresa en total i segons l'àrea geogràfica, l'any i l'estació. A Sabadell s'han fet tres mostres d'aigua per analitzar la duresa a diferents punts de la ciutat. Resultats: el nivell promig de nitrats ( $\text{mg/L NO}_3^-$ ) és de 4,2 a Astúries, 4,0 a Guipúscoa, 9,2 a Sabadell i 15,2 a València. El nivell promig de duresa ( $\text{mg/L CaCO}_3$ ) és de 89,1 a Astúries, 132,7 a Guipúscoa, 178,3 a València i 230,9 a Sabadell. En l'anàlisi que es va realitzar a Sabadell, es detecta una duresa lleugerament inferior a la reportada sense variabilitat geogràfica. No s'observa una pauta clara de variabilitat estacional ni de variabilitat temporal tant per nitrats com per duresa. Conclusions: S'ha detectat variabilitat en els nivells de nitrats i duresa de l'aigua a les zones d'estudi. Els nivells de nitrats són moderats i els més alts es troben a zones agrícoles de València. La duresa de l'aigua és força alta degut al domini calcari dels subsòls de les zones d'estudi.

# Resumen del Trabajo de Final de Carrera

*Facultad de Ciencias, Licenciatura Ciencias Ambientales  
Universidad Autònoma de Barcelona*

**Título:** Evaluación de los niveles de nitratos y dureza en el agua de consumo en cuatro zonas de España participantes en el estudio epidemiológico Infancia y Medio Ambiente (INMA).

**Palabras clave:** estudio epidemiológico, proyecto INMA, nitratos, dureza del agua, bajo peso al nacer, eczema infantil.

**Autora:** Anna Navarro Albiol

**Directores:** Dra. Cristina Villanueva Belmonte y Dra. Laia Font Ribera

**Tutora:** Maria Sala Serra

**Fecha:** Junio 2014

El agua es uno de los componentes básicos para la vida y una fuente ubicua de exposición a contaminantes, ya que toda la población la consume. El estudio epidemiológico INMA evaluará si la exposición a nitratos durante el embarazo y la dureza del agua durante la infancia se relaciona con el bajo peso al nacer y el eczema atópico, respectivamente. **Objetivo:** Realizar una evaluación de los niveles de nitratos y niveles de dureza en el agua de consumo de la población del estudio INMA. **Metodología:** este estudio descriptivo se ha realizado en cuatro de las siete cohortes INMA (Asturias, Guipúzcoa, Sabadell y Valencia). Se han recopilado datos de niveles de nitratos y dureza en el agua de consumo de los municipios durante el periodo de interés (2003 a2008 y 2004 a2012), a través de ayuntamientos y compañías de agua. Se han calculado el promedio, la desviación estándar, el máximo y el mínimo de los niveles de nitratos y de dureza en total y dependiendo de la área geográfica, el año y la estación. En Sabadell se han realizado tres muestreos de agua para analizar la dureza en diferentes puntos de la ciudad. **Resultados:** los niveles promedio de nitratos ( $\text{mg/L NO}_3^-$ ) fueron: 4,2 a Asturias; 4,0 en Guipúzcoa; 9,2 en Sabadell y 15,2 en Valencia. Los niveles promedio de dureza del agua ( $\text{mg/L CaCO}_3$ ) fueron: 89,1 en Asturias; 132,7 en Guipúzcoa; 178,3 en Valencia y 230,9 en Sabadell. En el análisis realizado en Sabadell, se detectaron niveles de dureza ligeramente inferiores a los reportados, sin variabilidad geográfica. No se observó una pauta clara de variabilidad estacional ni temporal, tanto para nitratos como para dureza. **Conclusiones:** Se ha observado variabilidad geográfica en los niveles de nitrato y de dureza del agua en las zonas de estudio. Los niveles observados de nitratos son moderados y los más altos se encontraron en zonas agrícolas de Valencia. La dureza del agua es bastante alta debido al dominio calcáreo del subsuelo de las zonas de estudio.



# DissertationAbstract

*ScienceFaculty, DegreeEnvironmentScience  
University Autonomous of Barcelona*

**Title:** Evaluation of the nitrate levels and water hardness in drinking water from four Spain regions participating in epidemiological study “Infancia y Medio Ambiente” (Childhood and Environment) (INMA).

**Keywords:** epidemiological study, INMA project, nitrates, water hardness, low birth weight, atopic eczema.

**Author:** Anna Navarro Albiol

**Directors:** Dra. Cristina Villanueva Belmonte i Dra. Laia Font Ribera

**Tutor:** Dra. Maria Sala Serra

**Date:** June

Water is a basic component of life and is an ubiquitous environmental exposure for the population. The epidemiologic study INMA will evaluate if the exposure to nitrate in drinking water during the pregnancy and water hardness in childhood is linked to low birth weight and atopic eczema, respectively. Objective: To evaluate the levels of nitrates and water hardness in water consumed by the study population of INMA. Methods: a descriptive study was conducted in four of the seven INMAs cohorts: Asturias, Gipuzkoa, Sabadell and Valencia. Nitrate levels and water hardness information in drinking water have been collected from local governments and water companies for the period of interest (2003 to 2008 and 2004 to 2012),. We have calculated the average, the standard deviation, the maximum, the minimum levels of nitrate and total hardness in drinking water by geographical area, year and seasons. In Sabadell, water samples were collected in three different periods during 2014 to determine the levels of hardness in different areas of the city. Results: the average level of nitrate (mg/L  $\text{NO}_3^-$ ) was 4,2 in Asturias, 4,0 inGipuzkoa, 9,2 in Sabadell and 15,2 in Valencia. The average level of water hardness (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) was 89,1 in Asturias, 132,7 inGipuzkoa and 230,9 in Valencia. The analysis conducted in Sabadell detected lower levels of hardness than previous reports, without geographical variability. Finally, we did not observe an evident seasonal and temporary variability. Conclusions: We detected a geographical variability in nitrate levels and water hardness. Nitrate levels are moderate overall areas, and the highest levels were located in agricultural areas of Valencia. The hardness of the water is fairly high probably due to the predominance of calcareous subsoil across the study areas.



# ÍNDIX

AGRAÏMENTS .....	5
Resum de Treball Final de Carrera .....	7
Resumen del Trabajo de Final de Carrera .....	8
Dissertation Abstract.....	9
ÍNDIX DE FIGURES .....	14
ÍNDIX DE TAULES .....	14
ÍNDIX DE GRÀFICS .....	15
1. INTRODUCCIÓ.....	19
1.1 MEDI AMBIENT I SALUT INFÀNTIL.....	19
1.2 L'AIGUA .....	20
1.3 NITRATS.....	21
1.3.1 ORIGEN.....	21
1.3.2 EFECTES EN SALUT INFANTIL.....	23
1.3.3 REGULACIÓ DEL NITRAT I NIVELLS A ESPANYA.....	25
1.4 DURESA DE L'AIGUA.....	27
1.4.1 ORIGEN.....	27
1.4.2 EFECTES EN SALUT INFANTIL.....	28
1.4.3 REGULACIÓ DE LA DURESA I NIVELLS A ESPANYA.....	29
1.5 PROJECTE INMA .....	30
2. OBJECTIUS .....	35
2.1 OBJECTIUS PRINCIPALS.....	35
2.2 OBJECTIUS ESPECÍFICS.....	35
3. MATÈRIALS I MÈTODES .....	39
3.1 ÀREA D'ESTUDI .....	39
3.2 PERÍODE D'ESTUDI .....	39
3.2.1 NITRATS.....	40
3.2.2 DURESA .....	40
3.3 RECOLLIDA DE DADES.....	40

3.3.1	CREACIÓ DE LA BASE DE DADES.....	41
3.4	ANALISI ESTADÍSTICA .....	42
3.5	MOSTREIG I ANÀLISIS DE DURESA DE L'AIGUA.....	43
3.5.1	ÀREA D'ESTUDI: SABADELL.....	43
3.5.2	PERÍODE D'ESTUDI .....	44
3.5.3	MOSTREIG D'AIGUA .....	45
3.5.4	LABORATORI .....	46
3.5.5	ANÀLISI ESTADÍSTIC.....	48
4.	RESULTATS .....	51
4.1	NITRATS.....	51
4.2	DURESA DE L'AIGUA.....	56
4.3	DURESA DE L'AIGUA DE SABADELL SEGONS EL MOSTREIG REALITZAT 61	
5.	DISCUSSIÓ.....	65
5.1	NITRATS.....	65
5.2	DURESA DE L'AIGUA.....	68
5.3	FORTALESES I LIMITACIONS.....	70
6.	CONCLUSIONS.....	73
7.	PROPOSTES DE MILLORA.....	77
8.	BIBLIOGRÀFIA .....	81
8.1	ARTICLES .....	81
8.2	PÀGINES WEB.....	85
9.	ACRÒNIMS I PARAULES CLAU .....	91
9.1	ACRÒNIMS .....	91
9.2	PARAULES CLAU.....	93
10.	PRESSUPOST .....	97
11.	PROGRAMACIÓ .....	99
12.	ANNEX.....	103
12.1	MUNICIPIS DE RESIDÈNCIA PARTICIPANTS EN EL PROJECTE INMA.	103

12.2	QUADERN DE RECOLLIDA DE DADES. MOSTREIG D'AIGUA A SABADELL.....	106
12.3	QUADERN DE RECOLLIDA DE DADES: ANALISIS DE MOSTRES AL LABORATORI. Desembre 2013 .....	109
12.4	PROTOCOL PER L'ANÀLISI DE LA DURESA DE L'AIGUA MITJANÇANT VALORACIÓ PER EDTA .....	112
12.5	EXEMPLES D'ESTUDIS EPIDEMIOLÒGICS QUÈ ES REALITZARAN AMB LES DADES DEL PROJECTE .....	116
12.5.1	ABSTRACT PEL CONGRÈS DE LA "INTERNATIONAL SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL EPIDEMIOLOGY" 2014 .....	116
12.5.2	PROPOSTA D'ESTUDI .....	118

## ÍNDEX DE FIGURES

FIGURA 1. VIES D'EXPOSICIÓ DELS NITRATS .....	22
FIGURA 2. PROCÉS D'OXIDACIÓ DE LA HEMOGLOBINA .....	23
FIGURA 3. PROCÉS DE TRANSFORMACIÓ DELS NITRATS DINS DE L'ORGANISME .....	24
FIGURA 4. ZONES VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓ PER NITRATS PROCEDENTS DE L'AGRICULTURA A ESPANYA.....	26
FIGURA 5. VARIABILITAT GEOGRÀFICA DE LA DURESA DE L'AIGUA A ESPANYA .....	30
FIGURA 6. ZONES D'ESTUDI DEL PROJECTE INMA .....	31
FIGURA 7. ÀREES D'ESTUDI DEL PROJECTE .....	39
FIGURA 8. PERÍODES DE SEGUIMENT DE LES COHORTS INCLOSES DINS DEL PROJECTE INMA.....	39
FIGURA 9. MAPA AMB ELS PUNTS DE MOSTREIG A SABADELL .....	45
FIGURA 10. RECOLLIDA DE LA MOSTRA D'AIGUA EN UN DELS PUNTS SELECCIONATS. .	46
FIGURA 11. MATERIAL NECESSARI PER LA VALORACIÓ EDTA .....	47
FIGURA 12. AQÜÍFERS CONTAMINATS PER NITRATS A LA COMUNITAT VALENCIANA ...	65
FIGURA 13. DOMINIS LITOLÒGICS A ESPANYA I ZONES AQÜÍFERES D'ESPANYA .....	69

## ÍNDEX DE TAULES

TAULA 1. RELACIÓ DELS NIVELLS MÀXIM PERMESOS DE NITRATS A L'AIGUA DE CONSUM .....	25
TAULA 2. CLASSIFICACIÓ DE LA DURESA DE L'AIGUA .....	27
TAULA 3. POBLACIÓ D'ESTUDI A LES DIFERENTS COHORTS DEL PROJECTE INMA.....	31
TAULA 4. DIPÒSITS QUE ABASTEIXEN LA CIUTAT DE SABADELL .....	44
TAULA 5. XARXES DE DISTRIBUCIÓ A SABADELL .....	44
TAULA 6. VARIABILITAT TEMPORAL, ESTACIONAL I D'ORIGEN DE LES DADES DE NITRATS (MG/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) A ASTÚRIES. ....	52
TAULA 7. VARIABILITAT TEMPORAL, ESTACIONAL I D'ORIGEN DE LES DADES DE NITRATS (MG/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) A GUIPÚSCOA. ....	53
TAULA 8. VARIABILITAT TEMPORAL, ESTACIONAL I D'ORIGEN DE LES DADES DE NITRATS (MG/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) A SABADELL.....	54
TAULA 9. VARIABILITAT TEMPORAL, ESTACIONAL I D'ORIGEN DE LES DADES DE NITRATS (MG/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) A VALÈNCIA. ....	55

TAULA 10. VARIABILITAT TEMPORAL, ESTACIONAL DE LES DADES DE DURESA DE L'AIGUA (MG/L $\text{CaCO}_3$ ) A ASTÚRIES.....	57
TAULA 11. VARIABILITAT TEMPORAL, ESTACIONAL DE LES DADES DE DURESA DE L'AIGUA (MG/L $\text{CaCO}_3$ ) A GUIPÚSCOA. ....	58
TAULA 12. VARIABILITAT TEMPORAL, ESTACIONAL DE LES DADES DE DURESA DE L'AIGUA (MG/L $\text{CaCO}_3$ ) A SABADELL. ....	59
TAULA 13. VARIABILITAT TEMPORAL, ESTACIONAL DE LES DADES DE DURESA DE L'AIGUA (MG/L $\text{CaCO}_3$ ) A VALÈNCIA. ....	60
TAULA 14. NIVELLS DE LA DURESA DE L'AIGUA (MG/L $\text{CaCO}_3$ ) MESURATS A LA CIUTAT DE SABADELL.....	61

## ÍNDEX DE GRÀFICS

GRÀFIC 1. VARIABILITAT GEOGRÀFICA DELS NIVELLS DE NITRATS (MG/L $\text{NO}_3^-$ ) A LES QUATRE REGIONS D'ESTUDI (2004-2008).....	51
GRÀFIC 2. VARIABILITAT GEOGRÀFICA DELS NIVELLS DE DURESA (MG/L $\text{CaCO}_3$ ) DE L'AIGUA (2005-2012).....	56
GRÀFIC 3. VARIABILITAT GEOGRÀFICA DELS NIVELLS DE DURESA (MG/L $\text{CaCO}_3$ ) DE L'AIGUA A SABADELL (2006-2013).....	59
GRÀFIC 4. VARIABILITAT TEMPORAL DE LA DURESA DE L'AIGUA A SABADELL (2013- 2014). ....	62
GRÀFIC 5. COMPARACIÓ DE LES DADES RECOLLIDES I LES MOSTRES ANALITZADES (2006-2014).....	62





# INTRODUCCIÓ



# 1.INTRODUCCIÓ

## 1.1 MEDI AMBIENT I SALUT INFÀNTIL

Vivim en un món globalitzat, on cada dia s'originen nous riscos que poden afectar a la salut de les persones a causa dels fenòmens de la industrialització i la urbanització. Els éssers humans es veuen exposats a diferents compostos químics a través de l'aire, l'aigua, el sòl i els aliments, i aquesta exposició es produeix constantment des del moment de la gestació.

Els nens són especialment més vulnerables a l'entorn ja que els seus mecanismes de detoxificació i els seus òrgans es troben en estat de desenvolupament. En proporció al seu pes corporal, una menor capacitat de detoxificació, i al tenir més anys de vida per davant, implica que poden estar més exposats a toxines i tenir més efectes a llarg termini. L'origen de moltes de les malalties cròniques solen aparèixer en els primers anys de vida. A més, els seus patrons de conducta, com és gatejar o d'endur-se objectes a la boca, provoca que estiguin més exposats a aquests contaminants ambientals. Aquests contaminants són introduïts a l'organisme dels més petits principalment a partir de l'alimentació, l'aire i l'aigua de consum, afectant al desenvolupament neuroconductual, immunitari i sexual del nen.

Al món, al voltant de tres milions de nens menors de cinc anys moren cada any a causa de malalties relacionades amb el medi ambient (OMS, 2002). La contaminació de l'aire exterior i interior i l'aigua, la falta d'un sanejament adequat, el risc de toxicitat, els vectors de malalties, la radiació ultraviolada i els ecosistemes degradats són factors ambientals de risc importants per als nens, i en la major part dels casos per a la mare (OMS). La segona causa de mortalitat al món és causada per la contaminació de l'aigua. A prop de 1,5 milions de nens, cada any, moren a causa de malalties diarreiques, les quals, el 90% dels casos estan relacionats en l'aigua contaminada i la falta de serveis de sanejament (OMS). Espanya és un dels països amb una taxa de mortalitat infantil més baixes del món (3,2 defuncions en nens menors d'un any per 1000

nascuts vius (Regidor E, 2013). Les principals causes de mortalitat infantil són les malformacions congènites, deformacions i les anomalies cromosòmiques.

## 1.2 L'AIGUA

L'aigua és un dels components bàsics de la vida i un recurs fonamental per a la salut de les persones. Dos tercers parts de la Terra són aigua, i el 70% del nostre cos és aigua. Tot i això, és el recurs més amenaçat al món. L'aigua potable és l'aigua apta per al consum humà o animal sense el risc de contraure malalties de forma immediata o a llarg termini. Les característiques fisicoquímiques i microbiològiques de l'aigua potable es defineixen a la legislació corresponent, que varia segons els països i evoluciona amb el temps.

L'aigua és essencial per a la hidratació i es molt important per a la preparació d'aliments i la cuina, el sanejament i la higiene, i una àmplia gamma d'altres usos com per exemple rentar els plats. L'aigua, com l'aire, és una font d'exposició a contaminants ubiqua ja que tota la població en consumeix. La principal via d'exposició és la ingestió, però per alguns contaminants també hi ha exposició per via dèrmica o per inhalació. El consum d'aigua individual es produeix tant a la llar com en altres llocs, com l'escola o llocs de treball.

Els contaminants poden ser d'origen biològic, químic o físic. La ingestió d'aigua contaminada amb microorganismes patògens, com són els virus, els bacteris i els paràsits, causen malalties infeccioses, especialment de tipus gastrointestinals. Entre els contaminants químics se'n troben de dos tipus: orgànics i inorgànics. Alguns contaminants de l'aigua que s'han associat a efectes adversos sobre la salut són els nitrats, els trihalometants, plaguicides, el plom i altres metalls, l'arsènic, el fluor, etc. Finalment, els compostos radioactius solubles en aigua poden causar càncer, defectes al naixement i dany genètic, sent així contaminants molt perillosos.

Les causes més habituals de la contaminació de les aigües són conseqüència de l'activitat humana, ja sigui industrial, agrícola, ramadera o domèstica. L'origen d'aquests contaminants prové de fonts puntuals o difuses. Les fonts puntuals desemboquen agents contaminants en localitzacions molt específiques a través de canonades o clavegueres en aigua superficial, com

per exemple una fàbrica o una planta de tractament d'aigua. En canvi, les fonts de contaminació difusa són les que no es poden localitzar en un sol lloc d'abocament, com per exemple els nitrats i pesticides provinents de l'agricultura, la deposició àcida de l'aire, el tràfic de cotxes o els agents contaminants que entren en contacte en l'aigua subterrània.

Un total de 53 paràmetres fisicoquímics en aigua de consum estan regulats actualment per la legislació espanyola (Real Decret 140(2003)) i europea (Directiva 98/83/CE (1998)), garantint-ne uns mínims de qualitat i seguretat. El nivell màxim admès per als diferents paràmetres establerts es basa en el coneixement científic sobre la toxicitat i les possibles tècniques de reducció o eliminació amb el tractament i la distribució. L'aigua del bany també representa riscos sanitaris, com els ofegaments, lesions, exposició a temperatures baixes, radiació solar, infeccions i intoxicacions. Aquests han d'estar controlats pel Real Decret 734/88 i per la nova Directiva Europea que regularà les aigües del bany.

A Espanya, al voltant del 30% d'aigua utilitzada és d'origen subterrani (MMA,2000). La contaminació de les aigües subterrànies resulta, principalment, dels vessaments urbans, de la indústria o de la infiltració dels fertilitzants dipositats al sòl, procedents de l'agricultura intensiva, i per les ejeccions del bestiar. En ambdós casos, els nivells de nitrats que adquireix l'aigua pot ser tant elevat que constitueixen a una amenaça per a la salut humana. Junt amb els nitrats, un altre compost significatiu a l'hora d'avaluar la qualitat de l'aigua és l'amoni, que s'incorpora a l'aigua procedent de les xarxes de sanejament. Un altre problema és la intrusió marina. L'extracció de les aigües subterrànies per dalt dels nivells de recàrrega produeix una disminució del nivell freàtic, donant lloc a la salinització de les aigües, com sol passa a les zones costaneres.

## **1.3 NITRATS**

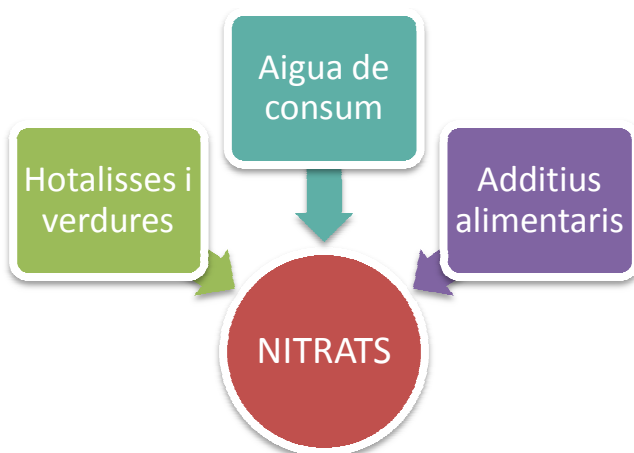
### **1.3.1 ORIGEN**

Un dels contaminants de l'aigua que poden afectar la salut infantil són els nitrats. Els nitrats ( $\text{NO}_3^-$ ) són una sal soluble derivada del nitrogen, que a concentracions molt baixes, es pot trobar de forma natural en l'aigua i el

sòl. L'home els fabrica artificialment per produir adob agrícola i diferents substàncies industrials.

L'origen dels nitrats a les aigües subterrànies prové de la utilització de fertilitzants, sistemes sèptics i emmagatzemats de fems. Quan es fertilitza en excés, les plantes no aprofiten tot el nitrogen aportat, i l'excedent es filtra al subsòl, on és arrossegat fins als aqüífers en forma de nitrats o en els seus derivats (nitrits) que s'acumulen als recursos hídrics. Per tant, el nitrat és un dels contaminants químics més estesos als aqüífers de tot el món (Spalding i Exner 1993) a causa de l'ús de fertilitzants nitrogenats en l'agricultura i la mala gestió de residus de ramaderia intensiva. Les pràctiques agrícoles són les principals responsables de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies (Fernández Ruiz, et al 2005). El nitrat, com a substància d'origen natural, es troba com a component d'aliments en verdures, productes carnis, làctics, cereals i fruita (Fernández Ruiz, 2007).

Per consegüent, la via d'exposició de les persones als nitrats és a partir de la ingestió d'aigua de consum i d'aliments vegetals com són les bledes, els espinacs i l'enciam (figura 1). Aquests vegetals tenen una gran capacitat d'acumulació que no sempre depèn del tipus i de la varietat sinó també de la temperatura, la llum solar, el nitrogen disponible i el tipus de conreu. A més, les sals sòdiques i potàssiques dels nitrats i nitrits s'utilitzen com additius conservants d'aliments, com són els productes de carn. S'utilitzen aquestes sals ja que el nitrit impedeix la formació de la toxina botulínica.

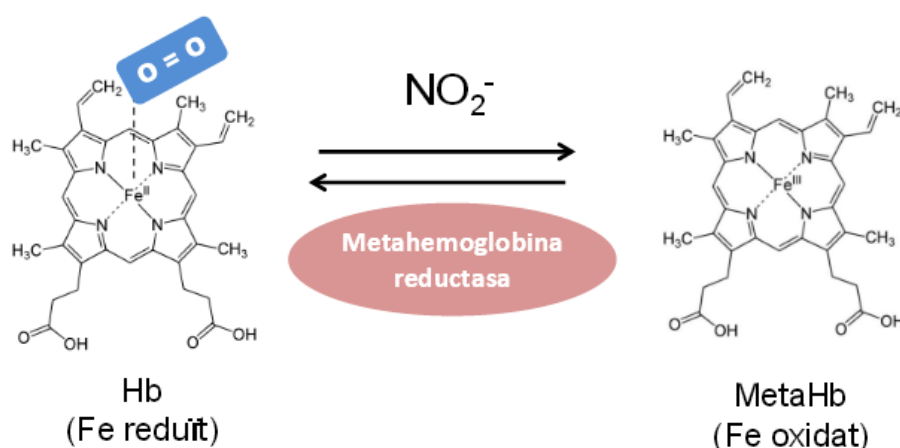


**Figura 1. Vies d'exposició dels nitrats. Font: Elaboració pròpia**

### 1.3.2 EFECTES EN SALUT INFANTIL

Hi ha molts epidemiològics que han suggerit una associació entre els nivells de nitrats i la metahemoglobinèmia o “el Síndrome del nen blau” (Ward et al. 2005; Fernández R 2007; Knobloch et al. 2000; Sadeg et al. 2008). Els nens afectats desenvolupen una pell de color blau-gris peculiar i pot tornar-se irritable o letàrgic i, depenent de la seva gravetat, pot progressar fins a provocar el coma o la mort si no es reconeix o es tracta adequadament (Knobloch L et al. 2000).

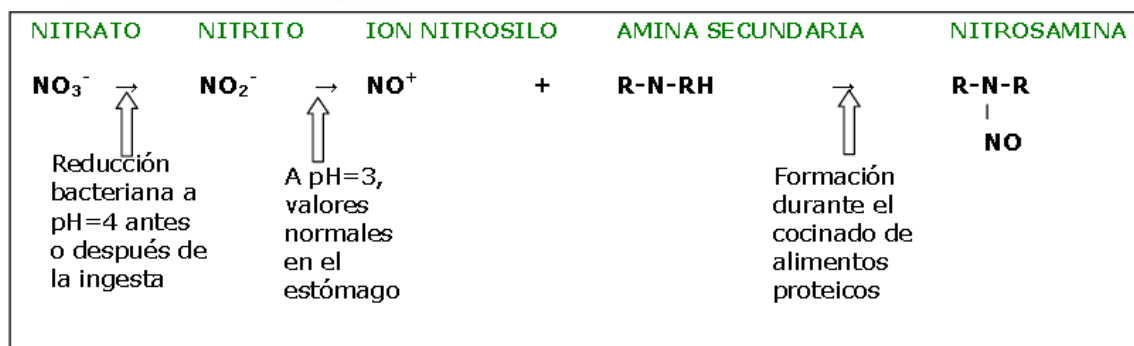
Aquesta malaltia es produeix en ingerir aigua amb grans concentracions de nitrats. Un cop absorbida l'aigua, aproximadament el 25% del nitrat es secreta a la saliva (Mensinga et al. 2003) i d'aquests el 20% aproximadament són transformats en nitrits per les bactèries que hi ha a la saliva, estomac e intestí prim del ser humà (Spiegelhalder et al. 1976). Aquests nitrits un cop a l'estomac s'absorbeixen a l'intestí on, es combinen amb l'hemoglobina (Hb ( $\text{Fe}^{2+}$ )) de la sang convertint-la en metahemoglobina (MetaHb ( $\text{Fe}^{3+}$ )) per procés d'oxidació (figura 2). L'hemoglobina és una proteïna de la sang encarregada de transportar l'oxigen als teixits. La metahemoglobina té una gran afinitat per l'oxigen i inhibeix el transport d'oxigen a la sang, produint dificultats per respirar. Aproximadament el 60-70% dels nitrats són secretats per l'orina a les primeres 24 hores com nitrat, amoni o urea. Casi el 25% són secretats per la saliva.



**Figura 2. Procés d'oxidació de la Hemoglobina. Font: [www.miliarium.com](http://www.miliarium.com)**

La població més afectada són els bebès menors de 6 mesos. El seu cos manca de nivells suficients de l'enzim citocrom b5 reductasa (Ward et al, 2005), que és l'encarregat de revertir aquest procés, produint que la seva pell es torni blavosa.

Per altra banda, els nitrats poden generar nitrosamines i nitrosamides que són compostos cancerígens (figura 3). Aquests compostos es formen a partir del nitrit format endògenament a la saliva i del ingerit a partir de la dieta i de l'aigua de consum. El nitrit pot reaccionar amb els compostos nitrosables, com ara l'amina i medicaments que contenen amina, formant compostos nitrogenats (NOCS). Els NOCS són les nitrosamines i nitrosamides.



**Figura 3. Procés de transformació dels nitrats dins de l'organisme.**

Font: <http://www.elika.net>

Altres estudis han mostrat que el nitrat pot tenir més efectes sobre la salut de la mare i del nen. El  $\text{NO}_3^-$  pot travessar la placenta de la mare i afectar al fetus *in utero* (Manassaram 2006). Diversos efectes adversos a l'embaràs s'han avaluat a partir d'estudis observacionals en dones embarassades. Per a l'avortament espontani o mort fetal no s'ha observat un increment de risc. Per a diverses anomalies congènites incloent defectes al tub neural, part prematur i baix pes al nàixer o retard de creixement intrauterí l'evidència és contradictòria (Ward et al, 2005; Manassaram 2006). També, estudis experimentals han mostrat que el nitrat a dosis elevades pot inhibir l'absorció d'iode provocant canvis a la tiroides (Bloomfield 1961). Quatre estudis observacionals de disseny ecològic han estudiat l'efecte dels nitrats i la diabetis infantil de tipus I. Tres dels quals van trobar una correlació positiva entre la diabetis i nitrats per baix del límit de màxim establert (Kostraba 1992; Parslow 1997; van Maanen 2000), es a dir, 50 mg/L  $\text{NO}_3^-$ . Un altre efecte avaluat en nens és l'augment de la pressió



sanguínia a nivells superiors a 45 mg/L (Pomeranz et al, 2000). I per últim, s'han estudiat les infeccions agudes del tracte respiratori, en un rang d'exposició de 26 a 459 mg/L (Gupta et al, 2000).

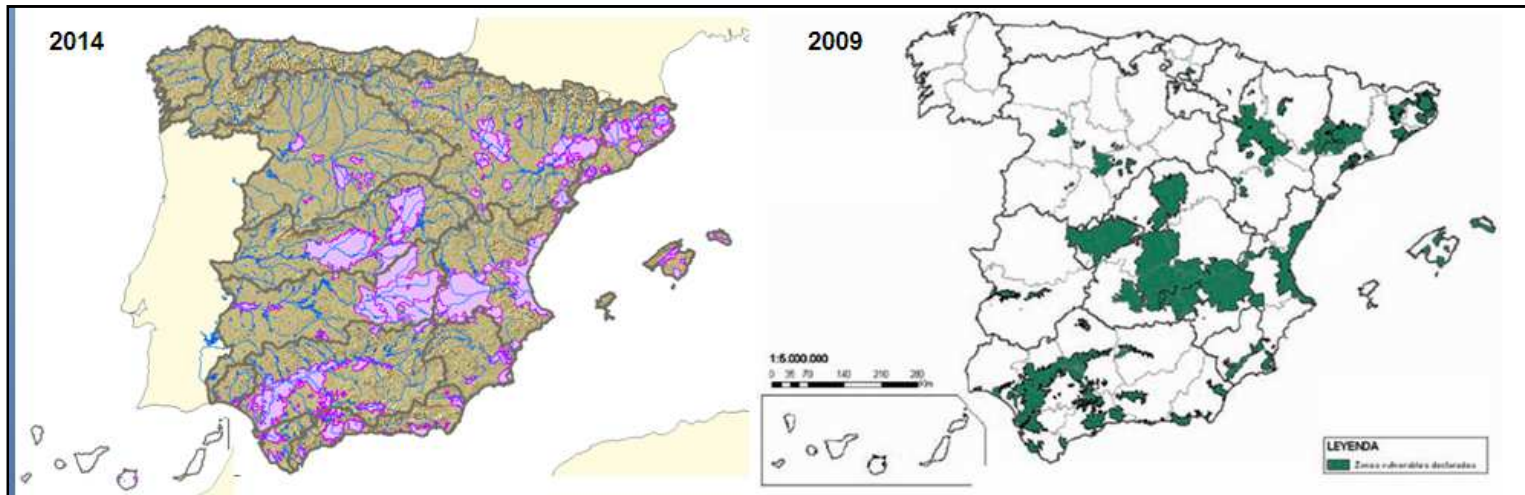
### 1.3.3 REGULACIÓ DEL NITRAT I NIVELLS A ESPANYA

El límit màxim establert per la Organització mundial de la Salut (OMS), la Unió Europea (UE) i seguint les seves directius, el Ministeri de Sanitat Espanyol és 50 mg/L de  $\text{NO}_3^-$  (Directiva 91/676/CEE) per poder protegir contra la metahemoglobinèmia. Cal destacar que la UE recomana una concentració màxima de 25 mg/L de nitrats (Real Decret 140/2003) en aigües potables. En canvi, l'Agència per la Protecció del Medi Ambient Nord-americana (EPA) fixa un límit de 10 mg/L nitrats-N ( $\text{N-NO}_3^-$ ). Aquests dos límits són equivalents (taula 1). Tot i que no existeix una evidència concloent sobre el paper causal del nitrat sobre aquests efectes, hi ha estudis recents que indiquen possibles efectes adversos a nivells de nitrats per baix del límit que marca la llei (Kostraba et al. 1992; De Roos 2003; Brender 2004; Ward 1996; Weyer 2001).

**Taula 1. Relació dels nivells màxim permesos de nitrats a l'aigua de consum**

Organització	Concentració en $\text{NO}_3^-$	Concentració en $\text{N-NO}_3^-$
Organització Mundial de la Salut	50 mg/L	11 mg/L
Unió Europea	50 mg/L	11 mg/L
Estats Units d'Amèrica	45 mg/L	10 mg/L

A Espanya, dels 85 sistemes d'aqüífers existents al país, la meitat presenten punts amb concentracions superiors al límit permès (Fayanás 2011). D'aquests casos, la quarta part evoluciona favorablement, mentre que la resta segueix igual o empitjora com a conseqüència de l'agricultura industrial que es practica al país.



**Figura 4. Zones vulnerables a la contaminació per nitrats procedents de l'agricultura a Espanya (lila: 2014 i verd: 2009). Font: MARM (Ministeri Agricultura, Alimentació i Medi Ambient)**

Els aqüífers de la zona nord d'Espanya es troben en bona situació, mentre que els de la zona mediterrània, entre Girona i Màlaga es troben molt afectats pel problema dels nitrats. També es troben en situació difícil les conques del riu Guadiana i Júcar i algunes zones del Tajo i Duero, especialment les províncies de Badajoz, Ciudad Real i Albacete (Fayanás 2011). Per tant, un dels problemes més importants que hi ha als aqüífers d'Espanya és per contaminació difusa, principalment, per contaminació de nitrats.

Per poder reduir la contaminació de l'aigua per nitrats d'origen agrícola i prevenir-la al futur es va desenvolupar la Directiva 91/676/CEE (Directiva Nitrats). La implantació d'aquesta directiva implica la definició de les zones afectades per la contaminació per nitrats i les zones vulnerables (ZV) (figura 4). En les ZV s'ha de desenvolupar programes d'actuació anomenat Codi de Bones Pràctiques Agràries. Aquesta directiva va ser transposada a la normativa espanyola pel Real Decret 261/1996(BOE núm 61, de 11 de març). La declaració de zones vulnerables i els Codis de Bones Pràctiques Agràries ha de ser realitzada per les Comunitats Autònomes aquesta declaració s'ha de revisar cada 4 anys.

## 1.4 DURESA DE L'AIGUA

### 1.4.1 ORIGEN

La duresa de l'aigua ve determinada per la quantitat total de ions alcalinoterris dissolts a l'aigua, principalment cations de calci i magnesi. La duresa total de l'aigua es pot dividir en:

- Duresa temporal o carbonatada: és la quantitat de calci i magnesi que es pot associar als ions bicarbonats, es a dir, és la quantitat de carbonats i bicarbonats que podem trobar a l'aigua. Aquesta ens determina el caràcter d'incrustació que té l'aigua.
- Duresa permanent o no carbonatada: és la quantitat d'ions de calci i magnesi que s'associen a altres ions, com són els clorurs, els sulfats, els nitrats, etc. I aquesta no sol produir incrustacions.

L'origen d'aquestes sals s'obté a partir de les formacions geològiques per on flueix l'aigua abans de ser utilitzada per al consum. Això és degut a que l'aigua segueix el seu cicle hidrològic a través de diferents sòls i roques captant els diferents materials orgànics i inorgànics que es va trobant pel seu camí. Aquest fenomen es produeix a causa de l'efecte com a dissolvent que té l'aigua. Per tant, la duresa de l'aigua varia segons a la zona geogràfica i l'estació de l'any.

Depenent de la composició de minerals que conté l'aigua hi trobarem diferents tipus de duresa, que s'acostuma a expressar mitjançant la concentració de carbonat calci en un litre l'aigua (mg/LCaCO<sub>3</sub>). Per tant, el grau de duresa és directament proporcional a la quantitat de sals de magnesi i calci. La classificació més utilitzada per la OMS es mostra a la taula 2.

**Taula 2. Classificació de la duresa de l'aigua. Font: OMS**

CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	Tipus d'aigua
0-60	Tova
61-120	Moderadament dura
121-180	Dura
>180	Molt dura

## 1.4.2 EFECTES EN SALUT INFANTIL

La via d'exposició pot ser per ingestió o per via dèrmica, a través de beure aigua, dutxar-se o nedar a la piscina. En general, s'assumeix que la duresa de l'aigua no suposa cap perill per a la salut humana ja que el calci i el magnesi són essencials per a la salut. Tot i així, hi ha alguns estudis epidemiològics que relacionen la duresa de l'aigua amb la prevalença de dermatitis atòpica en població infantil (NJ McNally et al. 1998; Miyake et al. 2003; Arnedo-Pena et al. 2007) i amb la incidència de malalties cardiovasculars en població adulta (Fernandiz et al. 2004).

La dermatitis atòpica o èczema és una malaltia inflamatòria crònica i dolorosa de la pell que afecta als plecs cutanis (Thomas et al. 2011). Pot causar un picor intractable que pot portar a l'engruiximent de la pell, sagnat, infecció secundària, pèrdua de son, falta de concentració i trastorns psicològics per al nen i per a la família (Lewis-Jones S 2006). Aquesta malaltia s'associa a l'asma, a la rinitis al·lèrgica i a l'al·lèrgia alimentària. L'èczema atòpica és una malaltia molt comú a tot el món, la pateixen al voltant d'un 20% dels nens en edat escolar en països desenvolupats (Schofield et al. 2009) i sol aparèixer en bebès de 2 a 6 mesos. Segueix fases de millorament i d'agreujament, però sol desaparèixer després de la pubertat, amb una prevalença del 3% en adults. El tractament per la dermatitis atòpica té moltes limitacions. Però hi ha metges i pediatres que recomanen la utilització de aigua tova per al millorament dels símptomes de l'èczema (Atherton DJ 1994).

L'associació entre la duresa de l'aigua i la prevalença d'èczema infantil s'ha observat al Regne Unit, al Japó i a Castelló (McNally et al. 1998; Miyake et al. 2003; Arnedo et al. 2007). Aquests estudis epidemiològics, van utilitzar dades sobre la duresa de l'aigua i el contingut de clor del subministrament d'aigua per relacionar-ho amb la prevalença de dermatitis atòpica i sibilàncies reportades pels pares. La prevalença va ser significativament més gran en la categoria d'aigua dura que d'aigua tova, però no es va poder justificar el motiu. Podria ser per que l'aigua que conté nivells alts de calci i magnesi poden portar a un major ús de sabons que podrien actuar com a irritants de la pell. A més, es va poder observar una relació significativa entre el contingut de clor i la dermatitis atòpica

després d'ajustar per factors de confusió. En canvi, no es va observar cap associació amb les sibilàncies.

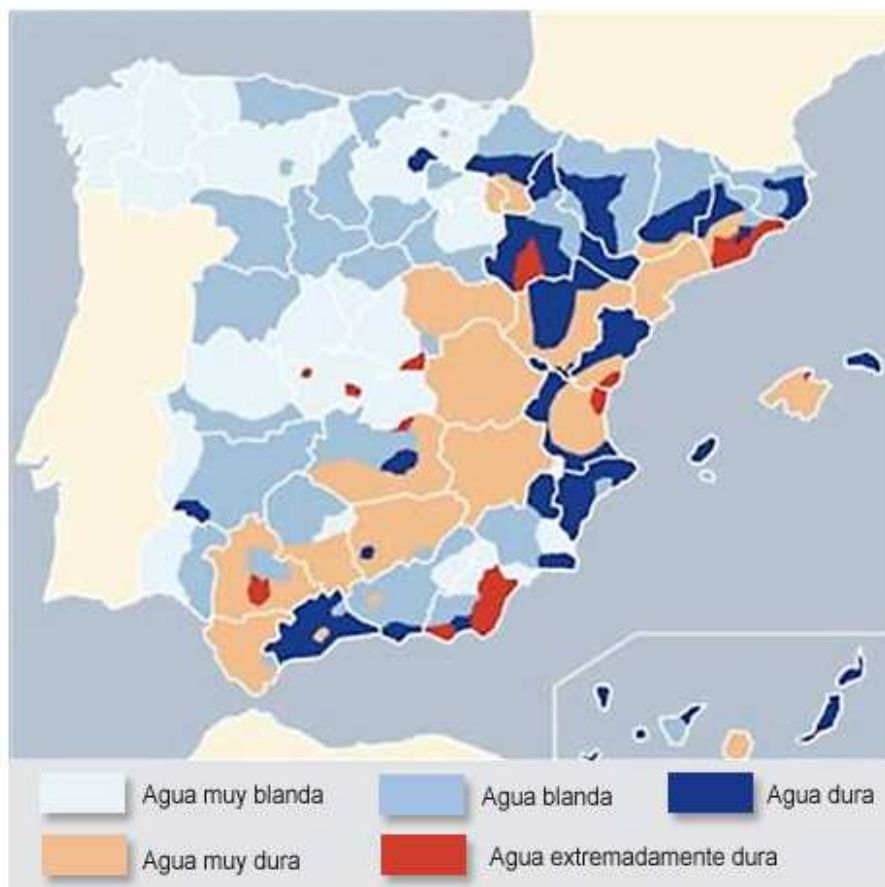
Tot i així, el treball “SoftenedWaterEczema Trial” (SWET) desenvolupat per la Universitat de Nottingham, van instal·lar filtres d'aigua com a un simple mètode efectiu per alleujar els efectes d'aquesta malaltia. Però, els experts del Centre de EvidenceBasedDermatology juntament amb els experts de la indústria de l'aigua, han demostrat que no existeixen diferències objectives dels resultats entre nens que utilitzen aigua filtrada a les seves llars i els que no en tenien (Thomas et al. 2011).

Aproximadament, una de cada vuit persones consumeix aigua dura (UNICEF/OMS 2008).

### **1.4.3 REGULACIÓ DE LA DURESA I NIVELLS A ESPANYA**

Les normes europees han acceptat una concentració límit de 500 mg/L  $\text{CaCO}_3$ . Però, segons la OMS, s'ha adoptat com a concentració màxima desitjable 100 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  i com a concentració màxima admissible 500 mg/L. La reglamentació tècnic-sanitària espanyola estableix com a valor orientador de qualitat fins a 100 mg/L Ca i com a límit màxim tolerable 200 mg/L. El magnesi s'ha de valorar conjuntament amb els sulfats. La OMS estableix una concentració màxima desitjable 30 mg/L si hi ha més de 250 mg/L de sulfat i es permet fins a 50 mg/L Mg. Si la concentració de sulfat es inferior.

Pel que fa a la península Ibèrica hi ha força variabilitat en la duresa de l'aigua. En la figura 5 es pot observar que l'aigua més dura es pot trobar a les zones costaneres de la mediterrània.



**Figura 5. Variabilitat geogràfica de la duresa de l'aigua a Espanya.**  
**Font: Ministeri de Medi Ambient**

## 1.5 PROJECTE INMA

Des de fa un parell de dècades, molts estudis han destacat l'impacte que generen els contaminants ambientals sobre la salut, sobretot dels infants. Al 2003, a Espanya, es va crear l'estudi epidemiològic INMA (Infància i Medi Ambient), finançat pel Instituto de Salud Carlos III de Madrid i coordinada pel Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (CREAL) de Barcelona. El projecte INMA és un conjunt de cohorts de diverses zones geogràfiques a Espanya (figura 6), com són Ribera d'Ebre, Mallorca, Astúries, País Basc, València, Sabadell i Granada format per un conjunt de diversos grups d'investigadors. Aquest projecte va ser creat amb l'objectiu d'estudiar els efectes que tenen els contaminants ambientals més rellevants en l'aire, l'aigua i la dieta sobre els nens, des de l'embaràs fins a la seva adolescència.



Un estudi cohort és un estudi epidemiològic, observacional, longitudinal prospectiu o retrospectiu, on es fa un seguiment i una comparació de la freqüència de la malaltia entre grups d'estudi diferentment exposats a certs factors de risc.



**Figura 6. Zones d'estudi del projecte INMA. Font: INMA**

En el nostre cas, s'avaluaran els nivells de nitrats i la duresa de l'aigua de les zones d'Astúries, País Basc, Sabadell i València. La població d'estudi són les dones embarassades que pertanyen en aquestes àrees geogràfiques i els seus fills (taula 3).

**Taula 3. Població d'estudi a les diferents cohorts del projecte INMA. Font: Ribas-Fitó N et al, 2006**

Població	Anys d'inclusió	Nounats participants
Ribera de l'Ebre	1997/99	102
Menorca	1997/98	482
Granada	2001/02	668
València	2003/04	1000
Astúries	2004/06	500
Sabadell	2004/06	800
Madrid	2005	50
País Basc	2005/06	800





# OBJECTIUS



## 2.OBJECTIUS

Els objectius del projecte de fi de carrera estan orientats aprofundir els coneixements adquirits durant la Llicenciatura de Ciències Ambientals realitzat a la Universitat Autònoma de Barcelona. El projecte es centrarà en l'àrea d'epidemiologia i salut ambiental, amb la participació en un estudi sobre els nivells de nitrats i de duresa de l'aigua en el projecte INMA.

### 2.1 OBJECTIUS PRINCIPALS

- Fer una avaluació dels nivells de nitrats i duresa de l'aigua en aigua de consum de les diferents cohorts de l'estudi INMA, com són Sabadell, Astúries, País Basc i València durant el període d'estudi.

### 2.2 OBJECTIUS ESPECÍFICS

- Recopilar dades sobre els nivells de nitrats i de la duresa de l'aigua de les diferents àrees d'estudi entre 2003 fins 2008 i des del 2004 fins 2012 respectivament.
- Descriure els nivells de nitrats i de duresa de l'aigua de les diferents cohorts de l'estudi INMA.
- Realitzar un nou mostreig i anàlisis químic de la duresa de l'aigua de consum de Sabadell, per tal de determinar-ne la variabilitat geogràfica i temporal.

Aquest projecte permetrà que posteriorment es pugui estimar riscos per a la salut infantil associats aquests paràmetres. En concret, s'avaluarà el risc d'efectes reproductius adversos, baix pes al néixer i part prematur en relació a l'exposició a nitrats (annex 12.5.2) i el risc d'eczema durant la infància associat a la duresa de l'aigua (annex 12.5.1).



# **MATÈRIALS I MÈTODES**



## 3. MATÈRIALS I MÈTODES

### 3.1 ÀREA D'ESTUDI

L'estudi es realitzarà en 4 de les 7 cohorts (figura 7) que hi ha incloses en el projecte INMA que van ser iniciades al 2004 (Astúries, Sabadell i València), i al 2006 (Guipúscoa).



Figura 7. Àrees d'estudi del projecte. Font: INMA

### 3.2 PERIODE D'ESTUDI

El període d'estudi de cada zona d'estudi (figura 8) és establert a partir de les quatre cohorts incloses dins del projecte INMA.

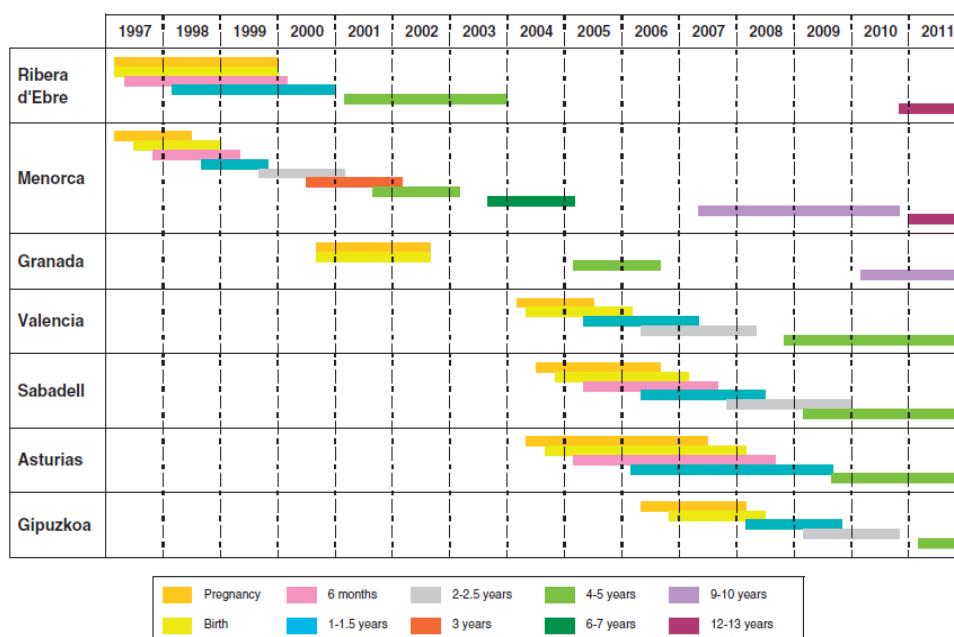


Figura 8. Períodes de seguiment de les cohorts incloses dins del projecte INMA. Font: INMA

### 3.2.1 NITRATS

El període rellevant per aquest projecte comprèn l'espermatogènesi (3 mesos anteriors a l'embaràs) i el període de l'embaràs (9 mesos) de les dones participants al projecte INMA. Aquest és el període en que els nitrats podrien afectar produint efectes sobre el fetus.

Tenint en compte el període d'embaràs de les participants, el períodes avaluats pel nitrat són:

- Astúries des de l'octubre de 2003 fins al febrer del 2008.
- Guipúscoa des del gener 2004 fins l'agost de 2008.
- Sabadell desembre 2003 fins al febrer del 2007.
- València des del maig de 2003 fins al febrer 2006.

### 3.2.2 DURESA

Els períodes d'estudi establerts en aquest apartat són des del naixement del nounat fins que compleixen 4 anys d'edat, moment en que es vol avaluar una possible associació amb l'eczema atòpica.

Tenint en compte els naixements dels nadons participants, els períodes avaluats per la duresa són:

- Astúries, Sabadell i València des del 2004 fins al 2012.
- Guipúscoa des del 2006 fins al 2012.

## 3.3 RECOLLIDA DE DADES

Les dades de nitrats utilitzades en aquest projecte pertanyen a dos estudis:

- MCC: estudi multi cas control on les dades provenen de companyies d'aigua, ajuntaments, institucions públiques i d'un mostreig realitzat (2010).
- INMA: L'origen d'aquestes dades és de la recollida de dades (1994-2008), d'un mostreig (2009) , i de l'empresa d'Aigües de Sabadell (CASSA) (2006-2013).



Pel que fa a la duresa de l'aigua, les dades recollides s'han obtingut de dos maneres:

- A partir dels responsables de cada cohort: se'ls ha invitat a participar en el projecte i se'ls ha demanat informació sobre duresa total i d'ió calci i magnesi. Aquests s'han posat en contacte amb les diferents entitats que disposen d'aquesta informació, com són els ajuntaments, departaments de Salut o les empreses distribuïdores.
- En el cas de Sabadell: s'ha fet personal i manualment al departament de Salut. La informació recollida és del 2006 fins al 2013. Les dades recollides són de duresa total, ió calci, ió magnesi, clor lliure, clor combinat, pH i nitrats.

La recollida d'aquestes dades ha estat coordinada des del CREAL de Barcelona, amb la col·laboració d'altres institucions que han participat en el nostre estudi.

### **3.3.1 CREACIÓ DE LA BASE DE DADES**

- Variables

Les variables d'estudi seleccionades per l'apartat de nitrats són: els nivells de nitrat ( $\text{mg/L NO}_3^-$ ), la data de mostreig (dia, mes i any), la regió (Astúries, País Basc, Sabadell, València), el municipi, el punt de mostreig, l'estudi al qual pertanyen les dades recollides, i l'origen de les dades.

Pel que fa a la duresa, les variables d'estudi són: els nivells de duresa de l'aigua ( $\text{mg/L CaCO}_3$ ), la concentració de calci i magnesi ( $\text{mg/L Ca}$  o  $\text{mg/L Mg}$ ), la data de mostreig (dia, mes, any), la regió, el municipi, el punt de mostreig, l'entitat singular de cada municipi, l'origen de les dades i informació més detallada de cada municipi. Aquestes són les que es consideren de major interès per a l'anàlisi de les dades.

- Depuració

Per poder depurar la base de dades s'utilitza el programa estadístic STATA 12.0 Statistics. Durant la depuració s'han observat nivells de nitrats i magnesi

que es troben per sota del límit de detecció (LC). Aquests (N=108) han estat substituïts per la meitat del límit de detecció o per 0,5 mg/l, ja que el límit de detecció utilitzat pel SINAC (Sistema d'Informació Nacional de Aigües de Consum) és 1.

Aquest programa ens permet detectar els duplicats existents a la base de dades de nitrats i esborrar-los (N=7000 identificats). Per identificar-los es té en compte les variables any, mes i dia, els nivells de nitrats i l'origen de les dades.

En l'apartat de duresa de l'aigua no s'han trobat duplicats. S'ha buscat la variabilitat geogràfica dins de les cohorts. A Astúries no es té suficient informació per poder dividir-la d'aquesta forma.

### 3.4 ANALISI ESTADISTICA

Per fer l'anàlisi de les dades d'aquest projecte s'ha fet servir, el programa d'estadística STATA-12, tant a l'apartat de nitrats com al de duresa de l'aigua. Les dades analitzades són numèriques.

- Anàlisi de les dades de nitrats

Es vol descriure els nivells de nitrats de cada regió segons el període d'estudi seleccionat. Per tant, s'ha calculat promitjos anuals, per estació de l'any, zona geogràfica i origen de les dades per observar la variabilitat temporal (anys), la variabilitat estacional (mesos), la variabilitat geogràfica i la variabilitat de l'origen de les dades de cada regió. A l'hora de dividir l'any en estacions s'ha establert que l'hivern serà des del mes de Gener fins al mes de Març, la primavera des de l'Abril fins al Juny, l'estiu des de l'Agost fins al Setembre i la tardor des de l'Octubre fins al Desembre.

- Anàlisi de les dades de duresa

El nivells tractats en aquest apartat són de duresa total durant el període d'estudi seleccionat. S'ha calculat promitjos anuals, per estació de l'any, zona geogràfica i origen de les dades per observar la variabilitat temporal (anys) i la variabilitat estacional (mesos) de totes les regions. En el cas de València, Guipúscoa i Sabadell, s'ha valorat la variabilitat geogràfica entre diferents

zones de la cohort, ja que s'ha obtingut molta informació detallada. Per establir les estacions s'ha seguit el mateix patró que a l'apartat dels nitrats.

Per estimar els nivells de nitrats i de duresa de l'aigua de cada zona s'ha calculat la mitjana, la desviació estàndard (DS), el màxim i el mínim, la mediana i les observacions (N).

## **3.5 MOSTREIG I ANÀLISIS DE DURESA DE L'AIGUA**

### **3.5.1 ÀREA D'ESTUDI: SABADELL**

Un dels objectius d'aquest estudi és conèixer la variabilitat geogràfica i temporal actual de la duresa de l'aigua municipal de Sabadell. Es farà a partir de varis mostrejos d'aigua a les diferents zones que abasteix els nens de la cohort de Sabadell.

La zona d'estudi és el municipi de Sabadell, on hi viuen el 94% dels nens que participen a la cohort de Sabadell del projecte INMA. Es definiran 15 punts de mostreig, tenint en compte les diferents xarxes de distribució i dipòsits que hi ha al municipi. S'escullen punts de fàcil accés.

A Sabadell, les fonts actuals de subministrament d'aigua provenen tant d'aigües superficials com d'aigües subterrànies. La Companyia d'aigües de Sabadell (CASSA) s'encarrega de la gestió de la xarxa i el proveïment de l'aigua. El 85% de l'aigua prové del riu Llobregat, mentre que els cabals restants s'obtenen dels dipòsits de Cerdanyola i de la mina Marí de Terrassa. La distribució de l'aigua es fa mitjançant les canalitzacions pertinents de la xarxa de distribució, amb una longitud total de 641 km. Hi ha 12 dipòsits amb 5 estacions de bombament. Hi ha cinc dipòsits (taula 4) que abasteixen la zona de Sabadell. A partir d'aquests es distribueix l'aigua per diferents xarxes de distribució que fan arribar l'aigua potable als habitatges.

**Taula 4. Dipòsits que abasteixen la ciutat de Sabadell. Font: web CASSA**

Dipòsit	Zona abastament	Capacitat (m <sup>3</sup> )
Can Llong	Centre	44000
Ca n'Ustrell	Nord	16000
Censos	Nord	200
Serra Camaró	Centre	7000
Serra Galliners	Sud	11000

El dipòsit de Can Llong subministra de manera directa a la zona Centre i indirectament a la zona Nord. L'aigua de la zona nord és elevada amb electrobombes des del dipòsit de Can Llong fins als dipòsits de Ca N'ustrell i Censos, permetent abastir la part més alta de Sabadell. La resta, tal i com es pot veure el la taula 4, s'abasteixen des dels dipòsits de Can Llong, Serra Camaró i Serra Galliners.

En aquest projecte, Sabadell es divideix en quatre zones per poder observar la variabilitat geogràfica. Aquestes, dependran de les xarxes de distribució (taula 5) que abasteixen l'aigua de consum a la ciutat de Sabadell.

**Taula 5. Xarxes de distribució a Sabadell. Font: web CASSA**

Xarxa de distribució	Zona abastament
Xarxa Nord	Nord
Xarxa Sud	Sud
Xarxa Centre	Centre
Xarxa Afores	Nord – Torre Romeu

### 3.5.2 PERÍODE D'ESTUDI

El mostreig de camp s'ha realitzat durant tres dies, un al mes de desembre de 2013, un al mes de febrer i un al mes de maig de 2014, per observar si hi ha variacions de duresa durant aquest període.

### 3.5.3 MOSTREIG D'AIGUA

Es van seleccionar 15 punts de mostreig del municipi de Sabadell que cobreixen totes les xarxes i dipòsits de subministrament. Els punts seleccionats (figura 9) són edificis públics, comerços o supermercats i gasolineres.



Figura 9. Mapa amb els punts de mostreig a Sabadell

Per fer el mostreig, s'ha seguit un protocol per evitar errors a l'hora de la presa de mostres. En cada punt es van recollir 100 mil·lilitres d'aigua (mL) (figura 10) després de deixar córrer l'aigua durant tres minuts per drenar l'aigua estancada de l'aixeta per eliminar possibles incrustacions de calci. Abans d'omplir el vial, s'ambienta un parell de cops per evitar el risc de contaminació de la mostra. Un cop recollida la mostra, els vials són guardats a una nevera portàtil per mantenir la mostra. No s'utilitza conservant ja que, anteriorment, s'ha comprovat que les propietats de l'aigua no varien en les primeres 24 hores. Per comprovar-ho, s'han analitzat mostres d'aigua recollides al CREAL, agafant-les a primera hora del matí i analitzant-les a primera i a última hora del mateix dia i al dia següent. I no s'han observat variacions entre un anàlisi i l'altre. Les mostres s'han conservat a una temperatura de 4°.



**Figura 10. Recollida de la mostra d'aigua en un dels punts seleccionats.**

**Font: Elaboració pròpia.**

### **3.5.4 LABORATORI**

La duresa de l'aigua s'analitza per valoració EDTA (àcid etilendiamintetraacètic). La funció de l'EDTA és unir-se als ions de calci i magnesi, que són els ions majoritaris que formen la duresa de l'aigua.



Per poder determinar la duresa de l'aigua recollida als diferents punts de Sabadell, s'utilitza un equip d'anàlisi de EDTA de rang alt (0 a 300 mgCaCO<sub>3</sub>/L). Si el resultat és inferior a 30 mg/L d'anàlisi de la mostra s'haurà de repetir utilitzant un rang inferior (0 a 30 mgCaCO<sub>3</sub>/L) per poder tenir una major precisió en el resultat.



**Figura 11. Material necessari per la valoració EDTA. Font: Elaboració pròpia**

Abans de poder analitzar la mostra, s'ha d'ajustar la solució a un pH 10. Per això, s'ha d'acondicionar el vial i introduir 5 mL de la mostra en un got de precipitats. La mostra es complementarà amb cinc gotes del reactiu 1 "Hardness Buffer" remenant-ho cuidadosament, i una gota del reactiu 2 "CalmagiteIndicator". L'indicador es complexa amb ions metàl·lics com el magnesi o calci per a formar una mescla de color vermell-violeta. Seguidament, amb l'ajuda d'una xeringa de 1 mL, és introduït el reactiu 3 "EDTA" gota a gota, fent girar el vial lentament després de cada gota. S'afegeix l'EDTA fins que la solució es torni de color morat. A l'afegir EDTA, els ions metàl·lics lliures es van mesclant a la mostra, fins que hi ha un excés d'EDTA. Aquest excés d'EDTA elimina els ions mesclats amb l'indicador fins formar una solució de color blau. Per tant, s'ha d'anar amb molta cura un cop la mostra es torni de color morada, ja que un cop arribat a aquest punt, s'ha de mesclar durant uns 15 segons la mostra després de cada gota, fins que es torni blava. Aquest canvi de vermell a blau és el punt final de la valoració. Un cop la solució s'ha tornat de color blau, es llegirà els mil·lilitres gastats d'EDTA de la xeringa i es multiplicarà per 300 per a obtenir els mg CaCO<sub>3</sub>/L.

En cas de que el resultat sigui més petit què 30 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , s'haurà d'utilitzar un vial més gran afegint 50 mL de la mostra i es repetirà el mateix procés explicat anteriorment. Un cop la mostra s'ha tornat de color blau, s'ha de llegir els mil·lilitres gastats a la xeringa i multiplicar per 30 per poder obtenir els mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

Per fer aquest experiment, s'utilitzarà en tot moment guants per protegir-te dels productes químics, que poden ser perillosos si s'utilitzen impròpiament. Aquests anàlisis de duresa de l'aigua s'han realitzat al laboratori del CREAL.

### 3.5.5 ANÀLISI ESTADÍSTIC

Per fer l'anàlisi de les dades d'aquest apartat s'ha fet servir el programa Microsoft Excel. Per analitzar els nivells de duresa de l'aigua de cada punts s'ha descrit la variabilitat temporal que hi ha a la ciutat de Sabadell i la variabilitat geogràfica de les diferents xarxes d'abastiment d'aigua. Per tant, s'ha calculat els promitjos de cada punt segons els diferents mesos mostrejats (Desembre, Febrer i Maig). Aleshores, per valorar els nivells de duresa de cada mes mostrejat, s'ha calculat la mitjana, la desviació estàndard (DS), el màxim, el mínim i les observacions (N).



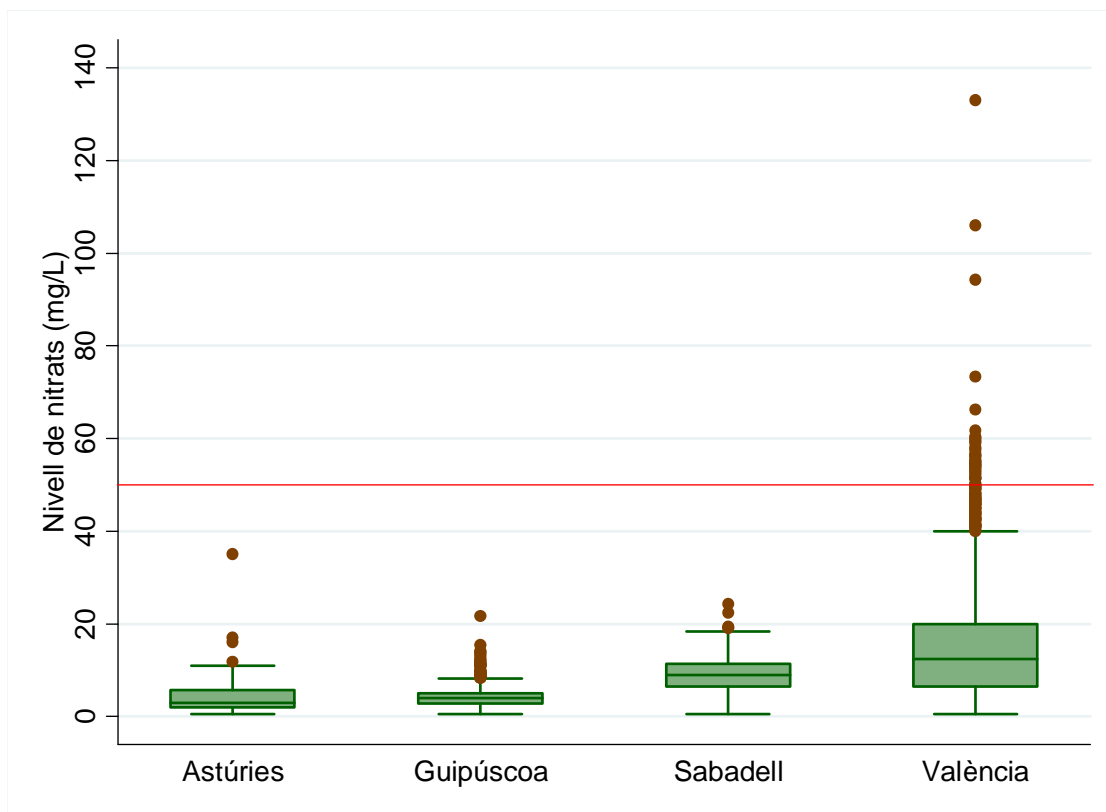
# RESULTATS



## 4.RESULTATS

### 4.1 NITRATS

Primerament, en el gràfic 1 es pot observar la variabilitat geogràfica entre les quatre regions participants en aquest projecte.



**Gràfic 1. Variabilitat geogràfica dels nivells de nitrats (mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a les quatre regions d'estudi (2004-2008). El límit màxim establert per la OMS i la UE: 50 mg/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Directiva 91/676/CEE).**

Segons el gràfic 1, els nivells més alts de nitrats a l'aigua de consum es troben a València (mitjana de 15,2 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) seguida de Sabadell (9,2 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). En canvi, les concentracions més baixes de nitrats és troben a Guipúscoa (4,0 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) i Astúries (4,2 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) amb valors molt similars.

A continuació, es presenten les dades segons la variabilitat temporal, estacional i la font d'informació de cada regió.

A la taula 6 es mostren valors mitjans de nitrats a l'aigua de consum domèstic a Astúries. Els resultats mostren l'evolució dels nivells de nitrats des del 2004 fins al 2008 i segons les estacions. També s'observa la variabilitat que hi ha segons

la font de les dades. Les dades utilitzades en aquest apartat provenen del projecte INMA i del MCC.

**Taula 6. Variabilitat temporal, estacional i d'origen de les dades de nitrats (mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a Astúries.**

Variables d'estudi	Mitjana	Desv. Estàndard	Mediana	Mínim	Màxim	N
Any						
2004	4,3	8,6	2,0	0,5	35	15
2005	3,7	1,8	2,5	2,5	6,9	14
2006	4,0	2,9	2,6	0,5	16	40
2007	4,0	2,8	3,4	0,5	11	17
2008	5,0	3,9	3,9	0,5	17	31
Estació						
Hivern	3,5	2,4	2,5	0,5	11,8	44
Primavera	4,4	3,4	3,4	0,5	17	47
Estiu	3,5	2,6	2,6	0,5	9,9	28
Tardor	5,1	5,5	3,7	0,9	35	45
Origen dades						
Dades INMA	4,3	4,0	3,0	0,5	35,0	145
Dades MCC	3,2	2,6	2,7	0,5	9,3	19
TOTAL	4,2	3,8	3,0	0,5	35,0	164

Els nivells de nitrat es mantenen similars al llarg dels anys. Una diferència que s'hi troba és entre les dades provinents del projecte INMA i de MCC, tenint valors superiors en les dades d'INMA. També podem veure que les concentracions més superiors s'aconsegueixen a la tardor (taula 6).

A la taula 7, s'observa els valors mitjans de nitrat de la població de Guipúscoa. Les dades utilitzades en aquest apartat són del 2004 fins al 2008 i provenen del Consorci d'aigües de Guipúscoa, del Laboratori de Salut Pública de Guipúscoa i de MCC. Es pot observar una disminució dels nivells de nitrat a mesura que

passen els anys. També, hi trobem nivells superiors a la primavera. En aquest cas, no s'hi troba gran variabilitat entre l'origen de les dades.

**Taula 7. Variabilitat temporal, estacional i d'origen de les dades de nitrats (mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a Guipúscoa.**

Variables d'estudi	Mitjana	Desv. Estàndard	Mediana	Mínim	Màxim	N
Any						
2004	4,6	1,7	4,7	0,7	13,8	301
2005	4,4	1,8	4,9	0,5	15,4	387
2006	3,7	1,7	4,0	0,5	14,1	473
2007	4,1	1,5	4,0	0,5	11,5	542
2008	3,7	1,8	3,5	0,5	21,7	503
Estació						
Hivern	4,3	1,5	4,4	0,5	11,5	670
Primavera	4,6	1,5	4,6	0,5	13,8	541
Estiu	3,9	1,8	3,9	0,5	21,7	559
Tardor	3,3	1,9	2,6	0,5	15,4	436
Origen dades						
Consorcio de aguas	4,0	2,1	3,6	0,5	15,4	368
Labsalud publica	3,7	1,8	3,8	0,5	21,7	335
Dades MCC	4,1	1,6	4,1	0,5	13,5	1503
TOTAL	4,0	1,7	4,0	0,5	21,7	2206

En la taula 8, s'avaluen els nivells de nitrats a l'aigua de consum de Sabadell des del 2004 fins al 2008. Les dades pertanyen a l'empresa d'Aigües de Sabadell (CASSA), al projecte INMA i del MCC. A Sabadell, es pot contemplar una irregularitat en els nivells de nitrats segons la variabilitat temporal i per origen de les dades. Aleshores, s'observa nivells molt diferents entre les fonts d'informació, sent el més superior les dades recopilades pel projecte INMA, seguit de l'empresa d'Aigües de Sabadell i, per últim, els valors del MCC.

Per últim, en la figura 9, s'examina la concentració de nitrats de la població pertanyen als municipis de València. Les dades utilitzades pertanyen a la Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Vivenda i del MCC des de 2004 fins al 2008. A València, es pot percebre un augment dels nivells de nitrats amb el pas dels anys. En canvi, els nivells es mantenen constant entre estacions de l'any.

**Taula 8. Variabilitat temporal, estacional i d'origen de les dades de nitrats (mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a Sabadell.**

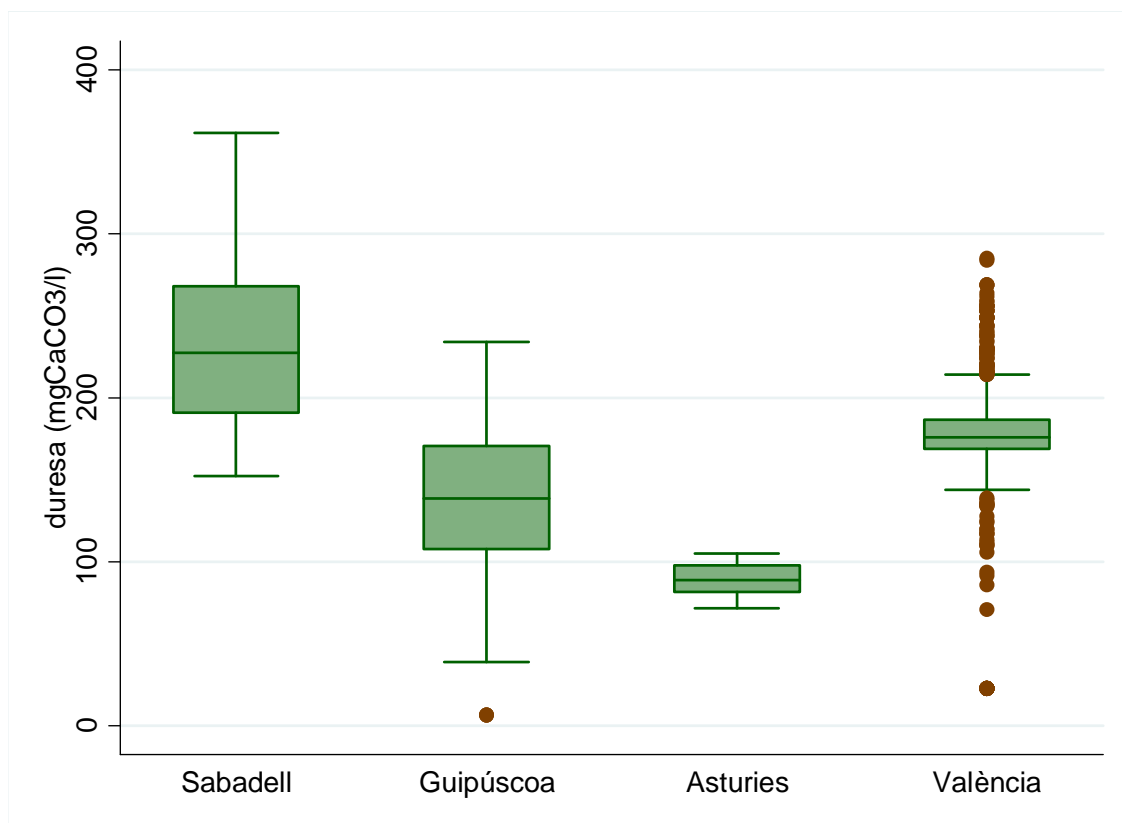
Variables d'estudi	Mitjana	Desv. Estàndard	Mediana	Mínim	Màxim	N
Any						
2004	8,5	5,1	9,5	0,5	15,3	13
2005	9,2	3,7	9,4	0,5	19,1	17
2006	11,8	6,2	11,4	0,5	22,4	21
2007	6,4	3,0	7,7	2,3	9,4	9
2008	8,0	4,9	6,6	3,5	24,3	17
Estació						
Hivern	10,4	5,4	9,4	0,5	19,4	24
Primavera	9,0	5,1	9,1	0,5	22,4	20
Estiu	7,0	5,5	6,5	0,5	19,1	12
Tardor	9,2	4,6	9,1	0,5	24,3	21
Origen dades						
Aigües de Sabadell-CASSA	8,7	5,3	7,5	2,3	24,3	20
Dades INMA	11,5	4,0	10,0	4,4	22,4	40
Dades MCC	4,2	3,8	3,5	0,5	11,0	17
TOTAL	9,2	5,2	9,0	0,5	24,3	77

**Taula 9. Variabilitat temporal, estacional i d'origen de les dades de nitrats (mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a València.**

Variables d'estudi	Mitjana	Desv. Estàndard	Mediana	Mínim	Màxim	N
Any						
2004	7,1	4,0	6,2	0,5	37,4	371
2005	12,4	10,2	10,8	0,5	106,0	467
2006	18,1	10,9	16,1	0,5	61,8	546
2007	16,3	11,8	15,3	0,5	73,4	577
2008	18,6	13,3	17,8	0,5	133,0	591
Estació						
Hivern	15,7	12,2	11,9	0,5	60,4	564
Primavera	15,6	10,0	13,3	0,5	56,2	689
Estiu	15,6	11,2	14,1	0,5	106,0	693
Tardor	13,7	13,0	9,0	0,5	133,0	606
Origen dades						
Conselleria de Medi Ambient	18,9	10,2	17,0	5,0	34,0	7
Dades MCC	15,2	11,6	12,3	0,5	133,0	2545
TOTAL	15,2	11,6	12,4	0,5	133,0	2552

## 4.2 DURESA DE L'AIGUA

En el gràfic 2 es mostra la variabilitat geogràfica dels valors de duresa de l'aigua del consum domèstic en les quatre zones d'estudi.



**Gràfic 2. Variabilitat geogràfica dels nivells de duresa (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) de l'aigua (2005-2012).**

En el gràfic 2, s'observa que els nivells més alts de duresa es troben a Sabadell on l'aigua és molt dura (mitjana de 230,9 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ). A València i Guipúscoa l'aigua és dura (132,7 i 178,3 mg/L  $\text{CaCO}_3$  respectivament), on els nivells més alts es troben a la comunitat Valenciana. I, finalment, a la zona de Astúries l'aigua és moderadament dura (89,1 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ).

A la taula 10, es mostren els valors mitjans de concentració de carbonat calci (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) de l'aigua de consum a Astúries del 2005 al 2012. Totes les dades pertanyen al municipi Avilés. A Astúries, no es pot detectar una variabilitat temporal. A l'estiu els nivells són superiors a la primavera.



**Taula 10. Variabilitat temporal, estacional de les dades de duresa de l'aigua (mg/L CaCO<sub>3</sub>) a Astúries.**

Variables d'estudi	Mitjana	Desv. Estàndard	Mediana	Mínim	Màxim	N
Any						
2005	85,0	18,4	85,0	72,0	98,0	2
2006	-	-	-	-	-	0
2007	-	-	-	-	-	0
2008	-	-	-	-	-	0
2009	101,0	-	101,0	101,0	101,0	1
2010	85,5	4,9	85,5	82,0	89,0	2
2011	95,0	14,1	95,0	85,0	105,0	2
2012	85,0	14,1	85,0	75,0	95,0	2
Estació						
Hivern	-	-	-	-	-	0
Primavera	78,5	6,0	78,5	72,0	85,0	4
Estiu	97,6	6,1	98,0	89,0	105,0	5
Tardor	-	-	-	-	-	0
TOTAL	89,1	11,5	89,0	72,0	105,0	9

A la taula 11, es descriuen les concentracions mitjanes de CaCO<sub>3</sub> a la província del País Basc. Les dades recollides són des del 2006 fins al 2012. Es mostra que les concentracions de duresa de l'aigua es mantenen prou constants fins al 2010, però, a partir del 2011 es produeix un augment de la concentració. Pel que fa a les estacions, a l'hivern és quan es troben els nivells més baixos de CaCO<sub>3</sub>.

**Taula 11. Variabilitat temporal, estacional de les dades de duresa de l'aigua (mg/L CaCO<sub>3</sub>) a Guipúscoa.**

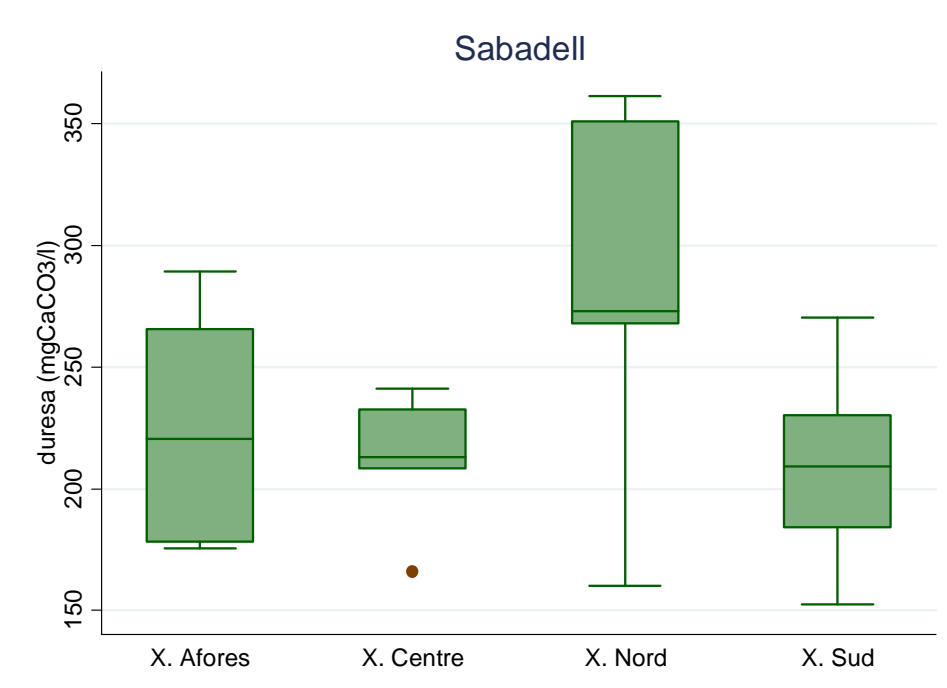
Variables d'estudi	Mitjana	Desv. Estàndard	Mediana	Mínim	Màxim	N
Any						
2006	127,9	45,3	129,0	47,0	196,0	29
2007	128,5	43,1	129,0	40,0	188,0	37
2008	138,2	44,7	138,0	50,0	210,0	33
2009	119,9	53,2	135,0	7,0	196,0	34
2010	129,2	55,6	136,0	7,0	234,0	33
2011	142,4	47,7	151,0	47,0	217,0	31
2012	144,2	53,6	145,0	50,0	226,0	31
Estació						
Hivern	73,4	55,0	50,0	7,0	199,0	13
Primavera	127,5	48,7	128,0	7,0	192,0	45
Estiu	143,3	46,7	145,5	49,0	234,0	54
Tardor	135,0	35,4	138,0	50,0	217,0	56
TOTAL	132,7	49,3	138,5	7,0	234,0	228

Els resultats recollits a Sabadell entre el 2006 i el 2012 es mostren a la taula 12, on es pot apreciar que l'aigua de Sabadell és molt dura. Sembla que hi ha una tendència a disminuir la duresa al llarg dels anys, especialment a partir del 2009.

A més, com que a Sabadell hi ha quatre zones molt diferenciades segons la xarxa d'abastiment de l'aigua, s'ha volgut presentar els resultats (gràfic 3) de forma separada. En el gràfic 3 es pot observar que l'aigua més dura és troba a la zona nord amb una concentració de 280,3 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Seguidament de la xarxa afores i centre amb concentracions de 224,9 i 212,2 mg/L CaCO<sub>3</sub> respectivament. I finalment, on l'aigua segueix sent molt dura, la zona sud amb una concentració de 208,7 mg/L CaCO<sub>3</sub>.

**Taula 12. Variabilitat temporal, estacional de les dades de duresa de l'aigua (mg/L CaCO<sub>3</sub>) a Sabadell.**

Variables d'estudi	Mitjana	Desv. Estàndard	Mediana	Mínim	Màxim	N
Any						
2006	273,5	76,2	232,6	226,5	361,4	3
2007	216,2	54,5	209,8	152,5	272,8	5
2008	256,7	27,2	254,5	228,5	289,3	4
2009	255,4	71,0	240,1	190,4	350,9	4
2010	224,8	43,3	220,0	178,3	280,8	4
2011	215,5	45,6	213,9	166,0	268,3	4
2012	189,0	24,5	191,5	160,0	213,0	4
Estació						
Hivern	313,3	49,8	311,9	267,9	361,4	4
Primavera	219,4	30,1	213,8	166,0	270,2	8
Estiu	199,9	30,1	191,7	152,5	231,8	7
Tardor	224,9	46,7	220,5	175,5	289,3	6
TOTAL	230,9	52,4	227,5	152,5	361,4	28



**Gràfic 3. Variabilitat geogràfica dels nivells de duresa (mg/L CaCO<sub>3</sub>) de l'aigua a Sabadell (2006-2013)**

A la taula 13, s'indica els resultats obtinguts de duresa de l'aigua a la Comunitat Valenciana. S'han utilitzat dades del 2006 fins al 2012. S'observa una variabilitat constant entre els nivells de duresa de l'aigua dels diferents anys d'estudi entre els municipis participants (taula 13). Es mostren valors molt semblants entre les diferents estacions.

**Taula 13. Variabilitat temporal, estacional de les dades de duresa de l'aigua (mg/L CaCO<sub>3</sub>) a València.**

Variables d'estudi	Mitjana	Desv. Estàndard	Mediana	Mínim	Màxim	N
Any						
2006	196,6	41,0	194,5	23,0	285,0	34
2007	176,4	19,0	175,0	94,0	262,0	218
2008	187,2	24,5	183,0	110,0	284,0	134
2009	162,0	55,7	170,0	23,0	256,0	138
2010	182,9	27,0	181,0	111,0	256,0	124
2011	179,5	24,5	177,0	71,0	269,0	122
2012	179,2	23,1	174,0	86,0	264,0	126
Estació						
Hivern	179,0	17,4	177,0	106,0	234,0	95
Primavera	177,2	29,8	173,0	86,0	269,0	169
Estiu	173,6	47,5	183,0	23,0	284,0	224
Tardor	181,7	25,9	174,0	23,0	285,0	297
TOTAL	178,3	32,3	176,0	23,0	285,0	896

## 4.3 DURESA DE L'AIGUA DE SABADELL SEGONS EL MOSTREIG REALITZAT

A la taula 14 es mostren els valors mitjans de duresa de l'aigua obtinguts en el mostreig realitzat a Sabadell durant el mes de desembre de 2013, el mes de febrer del 2014 i el mes de maig del 2014. Es pot observar una disminució de la concentració de carbonat calci des del primer mostreig fins a l'últim.

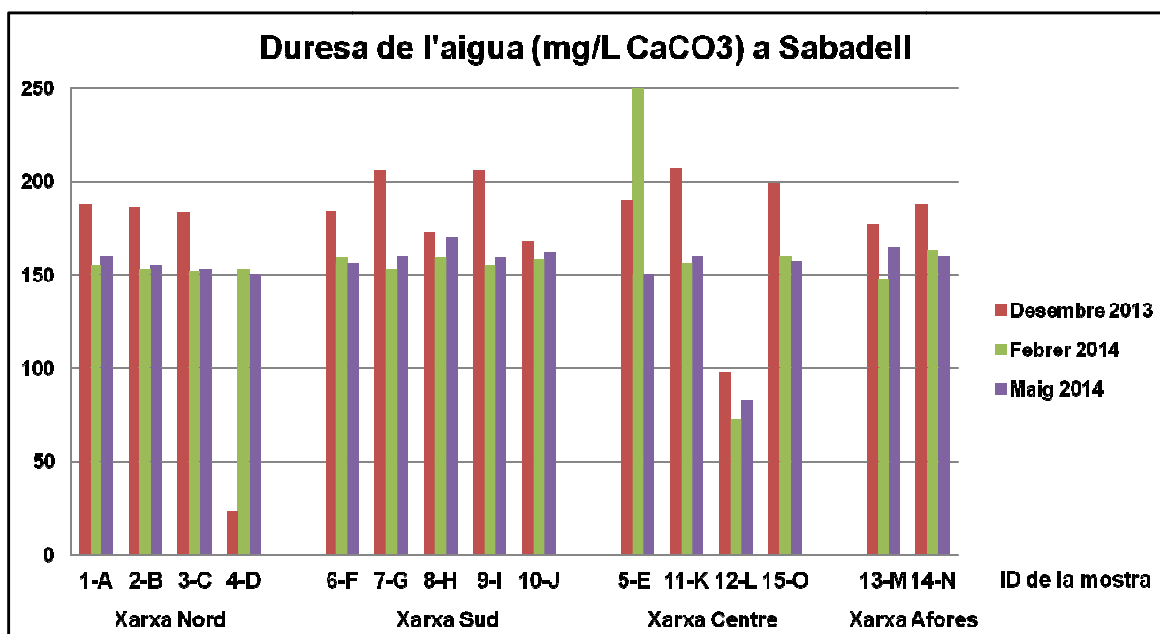
**Taula 14. Nivells de la duresa de l'aigua (mg/L CaCO<sub>3</sub>) mesurats a la ciutat de Sabadell**

	Desembre 2013	Febrer 2014	Maig 2014
Mitjana	182,4	149,8	153,3
Desv. Estàndard	27,1	22,4	20,2
Màxim	207	163 <sup>1</sup>	170
Mínim	98 <sup>1</sup>	73	83
N	14	14	15

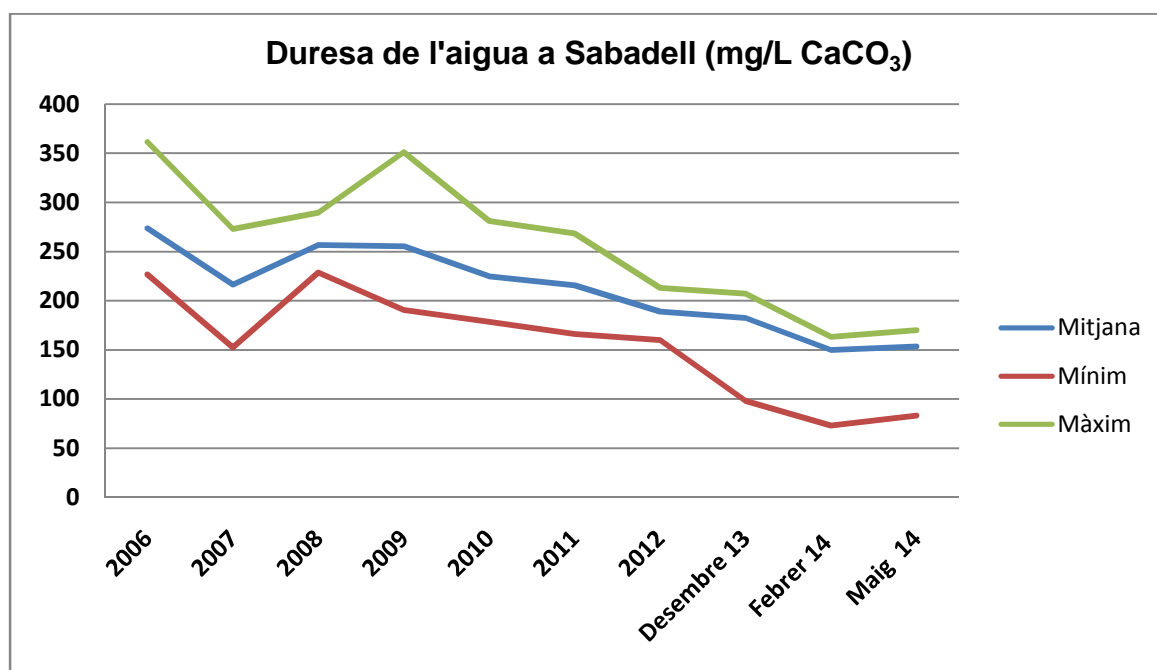
<sup>1</sup> S'han eliminat dos valors extrems.

A continuació, s'exposen els resultats obtinguts a cada punt de mostreig segons les xarxes d'abastiment de l'aigua a Sabadell (gràfic 4). La duresa detectada és molt similar a les 4 xarxes de la ciutat, en excepció d'un punt de la Xarxa Centre. Els nivells van ser superior al primer mostreig (Desembre 2013), mentre que van ser similars entre el febrer i maig de 2014. El punt més baix (4-D) del gràfic 4 és tant baix per que l'aixeta on va ser presa la mostra contenia un descalcificador. Per l'altra banda, el punt més alt (5-E) possiblement és degut a algun error a l'hora de la presa de la mostra.

Al comparar els nivells mesurats de duresa a Sabadell, amb els recollits del 2006 al 2012, es pot identificar una tendència a la disminució de la duresa de l'aigua de consum a la ciutat (gràfic 5).



**Gràfic 4. Variabilitat temporal i geogràfica de la duresa de l'aigua a Sabadell (2013-2014).**



**Gràfic 5. Comparació de les dades recollides i les mostres analitzades (2006-2014)**

# DISCUSSIÓ





## 5.DISCUSSIÓ

En aquest projecte s'han descrit els nivells de nitrats i de duresa a l'aigua de consum de quatre cohorts de l'estudi INMA, com són Astúries, Guipúscoa, Sabadell i Comunitat Valenciana.

### 5.1 NITRATS

Referent als nivells de nitrats, s'ha observat una gran variabilitat geogràfica, on els nivells més alts s'han trobat al País Valencià amb una concentració mitjana de 15,2 mg/L  $\text{NO}_3^-$ . Seguidament de Sabadell amb un valor de 9,2  $\text{NO}_3^-$ . I finalment, amb valors molt similars, Astúries i Guipúscoa amb una concentració de 4,2 i 4,0 mg/L  $\text{NO}_3^-$ . La causa d'aquesta situació és deguda a que les dades recollides a València inclou zones rurals mentre que les dades recollides a les altres regions només pertanyen a zones urbanes. No s'observa una tendència clara amb els diferents estacions ja que varien poc al llarg de l'any. Pel que fa a la variabilitat temporal, no s'observa variabilitat estadística significativa, ja que els valors pateixen alts i baixos, com és el cas de Sabadell, però s'acaben regulant i es mantenen constant. On es pot veure un augment considerable és a la regió de València on els resultats obtinguts comencen amb 7,1 mg/L  $\text{NO}_3^-$  (2004) i augmenten fins a 18,6 mg/L  $\text{NO}_3^-$  (2008).



**Figura 12. Aquífers  
contaminats per nitrats a la  
Comunitat Valenciana**

En el cas de València, la concentració de nitrats a les aigües de consum supera en alguns casos (N=44) el límit permès de 50 mg/L  $\text{NO}_3^-$  establert per la Unió Europea. Ho podem observar als màxims obtinguts temporalment (106, 61,8, 73,4 i 133 mg/L  $\text{NO}_3^-$ , respectivament). Això es degut, a que aquesta regió s'utilitzen agricultures més intensives per a una producció més elevada. Per tant, l'ús de dosis elevades de fertilitzants nitrogenats utilitzats pels agricultors comporta

un augment de la contaminació per nitrats de les aigües (Centre Rural de Informació Europea (CRIE)). També l'activitat ramadera influeix en aquesta contaminació afectant a les aigües subterrànies. A més, el 60% de la superfície de la regió de València és coberta per un aflorament molt permeable i el 15% per materials amb permeabilitat extraordinàriament baixa. Com a conseqüència pateix problemes de nitrificació importants.

L'abastament d'aigua potable a Sabadell prové del riu Llobregat i, en moments puntuals, del riu Ter. El riu Ter presenta menys mineralització i, per tant, variacions en els nivells de composició de l'aigua. Durant els seus recorregut han pogut recollir vessaments de contaminants a les aigües, influint així als nivells registrats a l'aigua de consum. A més, durant el segle XIX, Sabadell era una ciutat industrial. Les activitats industrials produeixen vessaments a les lleres superficials o directament al subsòl. Per tant, es creu que aquests nitrats s'han acumulat als recursos hídrics durant molts anys. Un altre aspecte, no tant rellevant, és que a les perifèries de la ciutat van haver moltes activitats ramaderes. Respecte a Astúries, és una de les regions amb més producció de nitrogen d'origen animal (fems) després de Cantabria i Galicia (Iglesias 2004). Tanmateix, Astúries juntament amb Cantabria, és una de les regions on el consum de fertilitzants és més baix. És per això que el problema de nitrificació de les aigües és quasi inexistent (Izcarra 2000). També, als anys 60, tot i tenir una regió privilegiada amb recursos hídrics, hi havia una gran activitat industrial i turística. Es van produir vessaments directes als rius de les activitats industrial i minera i residual de la població. Per últim, a Guipúscoa l'aigua de consum utilitzada per la població prové de les fonts de la zona. L'aigua de les fonts s'obté dels aqüífers situats a zones molt profundes (30 metres aproximadament) on pràcticament la contaminació és inexistent. A més, al País Basc no té quasi zones vulnerables (B.O.P.V. 23/12/2009). La possible contaminació que es pot trobar prové dels embassaments contaminants de tipus urbà e industrial. Un altre focus, seria l'activitat agrària com són els cultius de patates i remolatxa (regadiu) i cereals.

Tot i que la Directiva de Nitrats va ser implantada al 1991 i obligava a tots els estats membres a incorporar-la, Espanya no la va transposar al ordenament jurídic espanyol fins al 1996, Real Decret 261/1996. El retard tant exagerat en

la promulgació i l'aplicació d'aquesta directiva, van fer que fins al 2003 no es comencin a veure resultats amb els nivells de nitrat a l'aigua. Per tant, podria ser una de les raons pel qual els nivells de nitrats es mantenen constants des del 2004 fins 2008 .

Els resultats obtinguts en el projecte estan d'acord amb els de Loreto Fernández Ruiz (Fernández L 2007) ja que les zones on hi ha major contaminació per nitrats és al litoral mediterrani. Pel fet que hi ha zones vulnerables a la contaminació per nitrats de les aigües subterrànies, especialment a la zona costanera de Valencia i alguns trams de la costa de Catalunya. En l'article de Ruiz, també, recalca que existeixen punts a la Comunitat Valenciana que superen el llindar establert per la OMS. Un altre estudi realitzat a València confirma l'existència de zones amb nivells alts de nitrats des de la dècades passades (Morales Suarez et al. 1995). I en els nostres resultats s'ha pogut comprovar que hi ha punts on els nivells també són superiors. Diversos autors (Brender 2013; Ward 2005; Fenández L 2007) han suggerit una associació entre els nivells de nitrats i la metahemoglobinèmia. Els nivells trobats en aquests estudis són superiors als estudiats en aquest projecte.

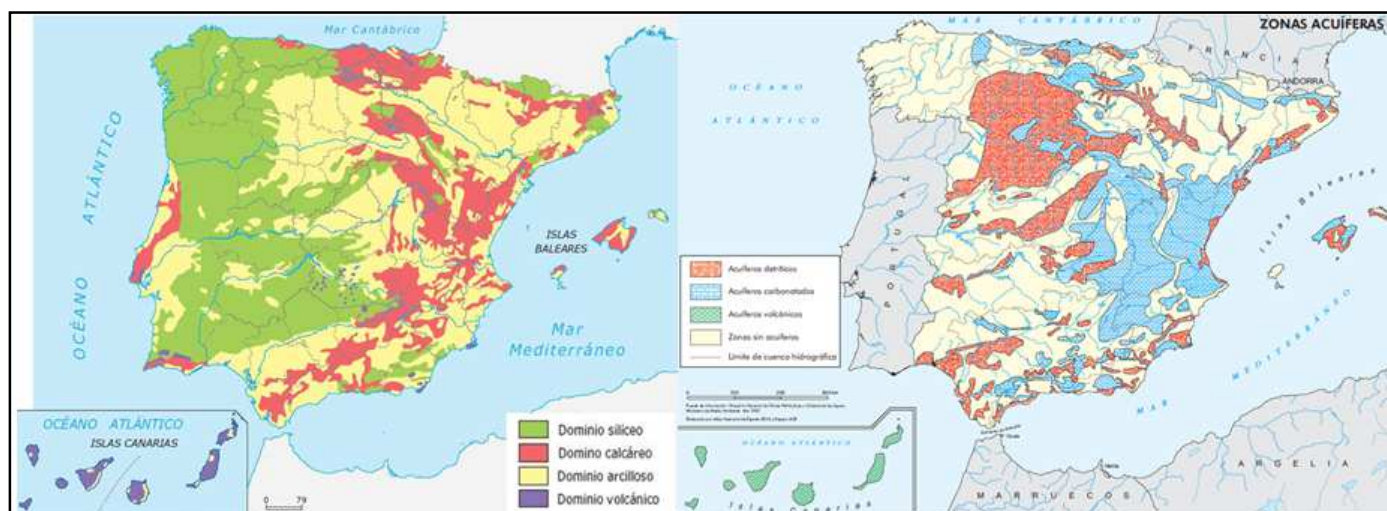
## 5.2 DURESA DE L'AIGUA

La duresa de les aigües que es troben a les xarxes d'abastiment d'aigua potable de les zones d'estudi és de moderadament dura a molt dura. L'aigua més dura és la de Sabadell ja que presenta nivells de 230,9 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Seguidament es troben València i Guipúscoa amb aigües dures i, finalment, Astúries amb aigua moderadament dura. El tipus de sòl a Espanya és calcari, per tant, presenta aigües molt dures en tot el territori. No es troben diferències significatives entre els diferents anys, ja que, es presenten resultats que es mantenen dins del mateix rang, tot i les petites variacions que s'hi troben en el període d'estudi de cada regió.

L'anàlisi de duresa de l'aigua realitzat en tres mostres a la ciutat de Sabadell entre desembre de 2013 i maig de 2014, ha detectat una aigua dura, el que confirma una tendència a la disminució de la duresa de l'aigua a la ciutat si es compara amb les dades recollides durant els anys anteriors. Aquest fet es podria deure a una major utilització d'aigua provinent del riu Ter, menys mineralitzada, en els últims anys per abastir la ciutat. Aquest fet coincideix amb la disminució dels nivells de trihalometans detectada a l'aigua municipal de la ciutat durant els últims anys (Agència de la Salut Pública, 2010). De manera similar a la duresa, els trihalometans són més elevats en l'aigua procedent del riu Llobregat que a l'aigua procedent del riu Ter, degut a la diferent proporció de sals que aporten els dos rius. L'anàlisi de duresa realitzat a les diferents zones de la ciutat no ha pogut detectar les diferències geogràfiques que es troben en les dades provinents dels registres i recollides entre el 2006 i 2012.

Les fonts de  $\text{CaCO}_3$  principals provenen del subsòl, es a dir, de les roques sedimentaries, les percolacions i l'escorrentia. L'aigua dura, normalment, s'origina en àrees on la capa superior del subsòl és gruixuda i existeixen formacions calcàries. En general, les aigües superficials solen ser més blanques que les subterrànies (Neira 2006). L'evolució geològica determina que a la Península Ibèrica es poden distingir tres tipus d'àrees segons les característiques de la zona, com són el tipus de roca, el clima, la vegetació, etc. Per tant, podem trobar zones de domini silícic, calcari i argilós. Tal i com s'observa a la figura 13, a Espanya, el domini silici ocupa pràcticament tot l'oest

peninsular amb roques impermeables com és el granit. Astúries, presenta sòls silícics, però, una petita part costanera és calcària. En canvi, la resta d'Espanya presenta sòls amb una transició de sòls calcaris i argilosos a la zona costanera. Sabadell, Guipúscoa i València presenten sòls calcaris. El component essencial dels sòls calcaris és el carbonat calci que és soluble en l'aigua, provocant gran erosió hídrica. El fet que els sòls d'Espanya siguin tant calcaris, fa que les aigües siguin molt carbonatades i, per tant, amb una duresa de l'aigua molt alta. A més, els aqüífers són abundats a l'Espanya calcària, a causa de la grossària dels sediments, així com la fracturació i carstificació d'aquests materials, els aqüífers suposen reserves hídriques considerables. Per contra, a l'Espanya silícica les aportacions són mol més reduïdes. El fet que Astúries tingui un domini silícic fa que la seva duresa sigui menor.



**Figura 13. Dominis Litològics a Espanya. Font: [collegipiusxii.wix.com](http://collegipiusxii.wix.com) (Imatge de l'esquerra) i Zones aqüíferes d'Espanya. Font: <http://www.ign.es> (Imatge de la dreta)**

Si es compara la duresa de l'aigua detectada a les cohorts de l'estudi INMA (medianes d'entre 89,1 i 230,9 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) en relació amb la dels altres estudis epidemiològics en que s'ha avaluat l'associació amb l'èczema infantil, la situació és la següent. Excepte la cohort d'Astúries, els resultats obtinguts són molt similars als de l'estudi de McNally a Nottinghamshire (McNally 1998) i a l'estudi de Arnedo-Pena a Castelló (Arnedo-Pena 2007). A Gran Bretanya els valors es situaven en diferents zones que anaven des de 118 a 314 mg/L  $\text{CaCO}_3$  i a Castelló el valor mig és de 221,2 mg/L  $\text{CaCO}_3$ . En l'estudi realitzat per Miyake al Japó (Miyake 2004), les zones d'estudi presenten valors molt inferiors, amb una duresa des de menys de 48 mg/L fins a 76 mg/L  $\text{CaCO}_3$ . Tot

i les diferències de concentracions de  $\text{CaCO}_3$  dels tres estudis, tots tres van trobar que la prevalença d'eczema atòpica en nens augmentava amb les aigües dures, tot i que no era consistent per tots els grups d'edat.

### 5.3 FORTALESES I LIMITACIONS

Una limitació de l'estudi és que s'han pogut recollir poques dades sobre la duresa de l'aigua, especialment a la cohort d'Astúries. Al ser un paràmetre que no està regulat per la llei, no es mesura habitualment i per tant, hi ha poques dades disponibles. Aquest fet, dificulta l'avaluació dels nivells de  $\text{CaCO}_3$  i, en conseqüència, l'avaluació amb possibles efectes sobre la salut en estudis epidemiològics.

Una de les fortaleeses d'aquest projecte és la recollida exhaustiva de dades sobre els contaminants d'interès, que ha permès fer una descripció detallada dels nivells a les zones d'estudi. Es recullen dades durant el període d'embaràs de les dones participants i dels primers quatre anys dels nens participants en el projecte INMA. Aquestes dades permetran avaluar la pauta d'exposició durant l'embaràs i durant els primers anys de vida dels nens. Les 4 regions del projecte INMA tenen característiques geològiques i socioeconòmiques diferents el que comporta una variabilitat en els nivells dels contaminants estudiats. Aquest aspecte és clau per poder estudiar l'efecte dels contaminants sobre la salut. A més, part de les dades recopilades s'han pogut comparar amb dades provinents d'un nou mostreig i anàlisi realitzat expressament a la ciutat de Sabadell.

# CONCLUSIONS





## 6.CONCLUSIONS

Les conclusions finals assolides després de la realització d'aquest projecte són:

### NITRATS

- S'ha detectat variabilitat geogràfica en els nivells de nitrats entre les zones mediterrànies i les zones cantàbriques. Guipúscoa és la regió amb nivells més baixos de  $\text{NO}_3^-$  i València és la que en té més.
- L'àrea de València, conté les zones més contaminades que fins i tot arriben a superar els límits permesos per la OMS, es a dir,  $50 \text{ mg/L NO}_3^-$
- No s'observa una tendència clara amb els diferents mesos de l'any, ja que varien molt poc al llarg de l'any.

### DURESA DE L'AIGUA

- La duresa de l'aigua a Espanya és molt alta a causa del tipus de sòl calcari que hi ha a la Península Ibèrica.
- S'ha detectat gran variabilitat en els nivells de duresa de l'aigua de les quatre zones de l'estudi INMA. Astúries és la regió amb menys concentració de  $\text{CaCO}_3$  i Sabadell és la que en té més.
- S'ha detectat una disminució dels nivells de duresa a l'aigua de Sabadell, al comparar les dades recollides (2006-2012) amb les mostres analitzades (2013). A la resta de les cohorts, la duresa de l'aigua s'ha mantingut al llarg dels anys.

En conclusió, els nivells de nitrats i de duresa de l'aigua difereixen significativament entre regions espanyoles, però quasi sempre dins dels límits reglamentaris. Aquesta informació ens serà útil per poder avaluar l'exposició i l'associació dels nitrats amb el risc d'efectes reproductius adversos, baix pes al néixer i part prematur i de la duresa de l'aigua amb èczema atòpica en la població espanyola.



# PROPOSTES DE MILLORA



## 7. PROPOSTES DE MILLORA

Tot i que, els nivells de nitrats i de duresa de l'aigua a l'aigua de consum no superen els límits establerts en el cas dels nitrats i els límits recomanats en la duresa, es formulen les següents propostes per millorar els resultats aconseguits en aquest projecte:

- Promoure la realització d'estudi epidemiològics relacionats amb els possibles efectes de la salut que poden produir els nivells de nitrat i de duresa de l'aigua a la població espanyola.
- Millorar la disponibilitat pública dels resultats de les anàlisis sobre la qualitat de l'aigua de consum realitzades per les empreses distribuïdores i ajuntaments per poder realitzar més estudis.



# BIBLIOGRÀFIA





## 8. BIBLIOGRÀFIA

### 8.1 ARTICLES

Arnedo-Pena A, Bellido-Blasco J, Puig-Barbera J, Artero-Civera A, Campos-Cruañes JB, Pac-Sa MR, Villamarín-Vázquez JL, Felis-Dauder C. [Domestic water hardness and prevalence of atopic eczema in Castellon (Spain) school children]. *SaludPublica Mex.* 2007 Jul-Aug;49(4):295-301. Spanish.

Antherton DJ. *Eczema in Childhood: The Facts*. 1<sup>st</sup> edb. Oxford, Oxford University Press, 1994.

Bloomfield RA, Welsch CW, Garner GB, Muhrer ME. Effect of dietary nitrate on thyroid function. *Science*. 1961 Nov 24; 134(3491):1690.

Brender JD, Olive JM, Felkner M, Suarez L, Marckwardt W, Hendricks KA. Dietary nitrites and nitrates, nitrosatable drugs, and neural tube defects. *Epidemiology*. 2004 May;15(3):330-6

Brender JD, Weyer PJ, Romitti PA, Mohanty BP, Shinde MU, Vuong AM, Sharkey JR, Dwivedi D, Horel SA, Kantamneni J, Huber JC Jr, Zheng Q, Werler MM, Kelley KE, Griesenbeck JS, Zhan FB, Langlois PH, Suarez L, Canfield MA; National Birth Defects Prevention Study. Prenatal nitrate intake from drinking water and selected birth defects in offspring of participants in the national birth defects prevention study. *Environ Health Perspect*. 2013 Sep;121(9):1083-9.

De Roos AJ, Ward MH, Lynch CF, Cantor KP. 2003. Nitrate in public water systems and the risk of colon and rectum cancers. *Epidemiology* 14:640–649.

Fernández Ruiz, L., Danés Castro, C. Ocaña Robles, L. (2005). Metodología de evaluación preliminar de presiones e impactos en las masas de agua subterránea. VI Simposio del Agua en Andalucía. IGME. Tomo II pp 1197-1208.

Fernández Ruiz, L. (2007). Los nitratos y las aguas subterráneas en España. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. (15.3) 257-265. I.S.S.N: 1132-9157

Ferrandiz J, Abellan JJ, Gomez-Rubio V, Lopez-Quilez A, Sanmartin P, Abellan C, Martinez Beneito MA, Melchor I, Vanaclocha H, Zurriaga O, Ballester F, Gil JM, Perez-Hoyos S, Ocana R. Spatial analysis of the relationship between mortality from cardiovascular and cerebrovascular disease and drinking water hardness. Environ Health Perspect. 2004 Jun; 112(9):1037-44.

Gupta SK, Gupta RC, Gupta AB, Seth AK, Bassin JK, Gupta A. Recurrent acute respiratory tract infections in areas with high nitrate concentrations in drinking water. Environ Health Perspect. 2000 Apr; 108(4):363-6.

Guxens M, Ballester F, Espada M, Fernández MF, Grimalt JO, Ibarluzea J, Olea N, Rebagliato M, Tardón A, Torrent M, Vioque J, Vrijheid M, Sunyer J; INMA Project. Cohort Profile: the INMA--INfancia y Medio Ambiente-- (Environment and Childhood) Project. Int J Epidemiol. 2012 Aug; 41(4):930-40. Epub 2011 Apr 5.

Knobeloch L, Salna B, Hogan A, Postle J, Anderson H. Blue babies and nitrate-contaminated well water. Environ Health Perspect. 2000 Jul;108(7):675-8.

Kostraba JN, Gay EC, Rewers M, Hamman RF. Nitrate levels in community drinking waters and risk of IDDM. An ecological analysis. Diabetes Care. 1992 Nov; 15(11):1505-8

Lewis-Jones S (2006) Quality of life and childhood atopic dermatitis: the misern of living with childhood eczema. Int J ClinPract 60: 984–992.

Manassaram DM, Backer LC, Moll DM. A review of nitrates in drinking water: maternal exposure and adverse reproductive and developmental outcomes. Environ Health Perspect. 2006 Mar;114(3):320-7.

Mensinga TT, Speijers GJ, Meulenbelt J. Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicol Rev.* 2003;22(1):41-51. Abstract.

McNally NJ, Williams HC, Phillips DR, Smallman-Raynor M, Lewis S, Venn A, Britton J. Atopic eczema and domestic water hardness. *Lancet.* 1998 Aug 15;352(9127):527-31.

Miyake Y, Yokoyama T, Yura A, Iki M, Shimizu T. Ecological association of water hardness with prevalence of childhood atopic dermatitis in a Japanese urban area. *Environ Res.* 2004 Jan;94(1):33-7.

MMA (2000). Libro blanco del agua en España. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid: 1–637.

Morales-Suárez-Varela MM, Llopis-Gonzalez A, Tejerizo-Perez ML. Impact of nitrates in drinking water on cancer mortality in Valencia, Spain. *Eur J Epidemiol.* 1995 Feb;11(1):15-21.

N. Ribas-Fito, R. Ramon, F. Ballester, J. Grimalt, A. Marco, N. Olea, M. Posada, M. Rebagliato, A. Tardon, M. Torrent, and J. Sunyer. Child health and the environment: the INMA Spanish Study. *PaediatrPerinatEpidemiol* 20 (5):403-410, 2006

Parslow RC, McKinney PA, Law GR, Staines A, Williams R, Bodansky HJ. Incidence of childhood diabetes mellitus in Yorkshire, northern England, is associated with nitrate in drinking water: an ecological analysis. *Diabetologia.* 1997 May;40(5):550-6.

Pomeranz A, Korzets Z, Vanunu D, Krystal H, Wolach B. Elevated salt and nitrate levels in drinking water cause an increase of blood pressure in schoolchildren. *Kidney Blood Press Res.* 2000;23(6):400-3. Abstract.

R. F. Spalding\* and M. E. Exner. Occurrence of Nitrate in Groundwater- A Review Published in J. Environ. Qual. 22:392-402 (1993).

Regidor E, Gutiérrez-Fisac JL. Patrones de mortalidad en España, 2010. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2013

Sadeq M, Moe CL, Attarassi B, Cherkaoui I, Elaouad R, Idrissi L. Drinking water nitrate and prevalence of methemoglobinemia among infants and children aged 1-7 years in Moroccan areas. Int J Hyg Environ Health. 2008 Oct;211(5-6):546-54.

Simón Pedro Izcara Palacios. Revista española de estudios agrosociales y pesqueros, ISSN 1575-1198, nº 186, 2000, pàgs. 203-226

Schofield J, Grindlay D, Williams HC (2009) Skin Conditions in the UK: aHealth Care Needs Assessment. Nottingham: Centre of Evidence Based Dermatology

Spiegelhalder B, Eisenbrand G, Preussmann R. 1976. Influence of dietary nitrate on nitrite content of human saliva: possible relevance to *in vivo* formation of N-nitroso compounds. Food Cosmet Toxicol 14(6):545–548.

Thomas KS, Dean T, O'Leary C, Sach TH, Koller K, Frost A, Williams HC; SWET Trial Team. A randomized controlled trial of ion-exchange water softeners for the treatment of eczema in children. PLoS Med. 2011 Feb 15;8(2):e1000395. doi: 10.1371/journal.pmed.1000395.

UNICEF/WHO. Progress on Drinking Water and Sanitation: Special Focus on Sanitation. 2008:  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/jmp2008/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2008/en/)

van Maanen JM, Albering HJ, de Kok TM, van Breda SG, Curfs DM, Vermeer IT, Ambergen AW, Wolffenbuttel BH, Kleinjans JC, Reeser HM. Does the risk of childhood diabetes mellitus require revision of the guideline values for nitrate in drinking water? Environ Health Perspect. 2000 May;108(5):457-61.

Ward MH, Mark SD, Cantor KP, Weisenburger DD, Correa- Villaseñor A, Zahm SH. 1996. Drinking water nitrate and the risk of non-Hodgkin's lymphoma. *Epidemiology* 7:465–471

Ward MH, deKok TM, Levallois P, Brender J, Gulis G, Nolan BT, VanDerslice J; International Society for Environmental Epidemiology. Workgroup report: Drinking-water nitrate and health--recent findings and research needs. *Environ Health Perspect.* 2005 Nov; 113(11):1607-14.

Weyer PJ, Cerhan JR, Kross BC, Hallberg GR, Kantamneni J, Breuer G, et al. 2001. Municipal drinking water nitrate level and cancer risk in older women: the Iowa Women's Health Study. *Epidemiology* 12:327–338

World Health Organization (2002) *Healthy Environments for Children: An Alliance to Shape the Future of Life*. Geneva, World Health Organization.

## 8.2 PÀGINES WEB

[http://www.aspb.cat/quefem/docs/Informe\\_Salut\\_2010.pdf](http://www.aspb.cat/quefem/docs/Informe_Salut_2010.pdf)

[http://aguas.igme.es/igme/publica/libro40/pdf/lib40/3\\_.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/libro40/pdf/lib40/3_.pdf)

[http://aiguesdebenissa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=30&Itemid=30&lang=es](http://aiguesdebenissa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=30&Itemid=30&lang=es)

<http://www.alergiasoluciones.es/es/productos-alergias/categorias-alergicas/hogarlimpieza/tratamiento-anti-cal-sin-productos-quimicos.php>

[http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/Dureza\\_de\\_aguas.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Dureza_de_aguas.asp)

<http://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=9dc90f5741396210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=353e4a097eefb110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>

[http://ca.sabadell.cat/Aigua/p/abastament\\_cat.asp](http://ca.sabadell.cat/Aigua/p/abastament_cat.asp)

<http://www.cassa.es/portal-del-client/>

[http://ca.sabadell.cat/Oficinadelpatrimoni/p/patrimoni\\_cat.asp](http://ca.sabadell.cat/Oficinadelpatrimoni/p/patrimoni_cat.asp)

<http://www.consorticioaa.com/cmscaa/opencms>

<http://www.coopivars.coop/secciones/memoria.pdf>

<http://www.crie.uji.es/agua/nitratos.html>

<http://ecolisima.com/la-contaminacion-del-agua/>

[http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/18\\_51\\_54.pdf](http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/18_51_54.pdf)

[http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE\\_Departament/DE02\\_Estadistiques\\_observatoris/24\\_Estudis\\_i\\_documents/06\\_Monografies/Fitxers\\_estatics/Monografia\\_001.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE_Departament/DE02_Estadistiques_observatoris/24_Estudis_i_documents/06_Monografies/Fitxers_estatics/Monografia_001.pdf)

<http://geopress.educa.aragon.es/WebgeoNEW/preguntasPAU6/litologiaespanola.pdf>

[http://www.iesbrugulat.net/departaments/experimentals/CiEx\\_web/Arxius\\_aux/TR\\_Nitrats.PDF](http://www.iesbrugulat.net/departaments/experimentals/CiEx_web/Arxius_aux/TR_Nitrats.PDF)

[http://www.ign.es/espmap/mapas\\_conta\\_bach/pdf/Contam%20mapa\\_01\\_texto.pdf](http://www.ign.es/espmap/mapas_conta_bach/pdf/Contam%20mapa_01_texto.pdf)

[http://www.ign.es/espmap/mapas\\_agua\\_bach/pdf/Hidro\\_Mapas\\_09.pdf](http://www.ign.es/espmap/mapas_agua_bach/pdf/Hidro_Mapas_09.pdf)

<http://www.lenntech.es/faq-contaminacion-agua>

[http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/04\\_manual\\_directiva\\_91\\_676\\_cee\\_tcm7-28960.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/04_manual_directiva_91_676_cee_tcm7-28960.pdf)

[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1994\\_01.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_01.pdf)

[http://www.medizzine.com/pacientes/enfermedades/dermatitis\\_atopica.php](http://www.medizzine.com/pacientes/enfermedades/dermatitis_atopica.php)

<http://www.miliarium.com/Proyectos/Nitratos/Introduccion/Introduccion.asp>

<http://www.naturatips.com/agua/agua-en-espana.html>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0001856/>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3775162/>

<http://www.nuevatribuna.es/articulo/medio-ambiente/el-agua-en-espaa/20110405102954052853.html>

<http://plantararboles.blogspot.com.es/2010/12/tipos-de-suelos-en-espana.html>

[www.proyectoinma.org/](http://www.proyectoinma.org/)

<http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/lda/protegidas/nitratos.jsp>

[http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S113557272005000200001&script=sci\\_arttext](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S113557272005000200001&script=sci_arttext)

[http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira\\_m/sources/neira\\_m.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira_m/sources/neira_m.pdf)

<http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0556809.pdf>

[http://www.uragentzia.euskadi.net/u81-0003/es/contenidos/informacion/calidad\\_aguas/es\\_doc/calidad\\_aguas\\_subterranas.html](http://www.uragentzia.euskadi.net/u81-0003/es/contenidos/informacion/calidad_aguas/es_doc/calidad_aguas_subterranas.html)

[http://www.uragentzia.euskadi.net/u81-0003/es/contenidos/informe\\_estudio/nitratos/es\\_doc/indice.html](http://www.uragentzia.euskadi.net/u81-0003/es/contenidos/informe_estudio/nitratos/es_doc/indice.html)

[http://www.uragentzia.euskadi.net/contenidos/informe\\_estudio/nitratos/es\\_doc/adjuntos/Informe\\_nitratos\\_2013.pdf](http://www.uragentzia.euskadi.net/contenidos/informe_estudio/nitratos/es_doc/adjuntos/Informe_nitratos_2013.pdf)

<http://www.who.int/ceh/publications/factsheets/fs284/es/>

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/methaemoglobin/en/#](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/methaemoglobin/en/#)





# **ACRÒNIMS I PARAULES CLAU**



## 9. ACRÒNIMS I PARAULES CLAU

### 9.1 ACRÒNIMS

<b>BOE</b>	Bolletí Oficial del Estat
<b>BOPV</b>	Bolletí Oficial del País Basc
<b>Ca</b>	Calci
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonat calci
<b>CASSA</b>	Companyia d'Aigües de Sabadell
<b>CREAL</b>	Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental
<b>CRIE</b>	Centre Rural de Informació Europea
<b>DS</b>	Desviació Estàndard
<b>EDTA</b>	àcid etilendiamintetraacètic
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency (Agència nord-americana de Protecció Ambiental)
<b>Hb (Fe<sup>2+</sup>)</b>	Hemoglobina
<b>INMA</b>	Infància i Medi Ambient
<b>L</b>	litre
<b>LC</b>	límit de detecció
<b>m<sup>3</sup></b>	metres cúbics
<b>MCC</b>	Estudi multicas-control poblacional
<b>MetaHg (Fe<sup>3+</sup>)</b>	Metahemoglobina
<b>Mg</b>	magnesi

<b>mg</b>	mil·ligrams
<b>mL</b>	mil·lilitres
<b>N</b>	observacions
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> o nitrat-N</b>	nitrat de nitrogen
<b>NO<sup>+</sup></b>	Òxid nítric
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrat
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitrit
<b>NOCS</b>	compostos nitrogenats o N-nitroso-compounds.
<b>OMS</b>	Organització Mundial de la Salut
<b>ppm</b>	parts per milió
<b>RD</b>	Real Decret
<b>R-NH-R' o R-N-RH</b>	Amina secundària
<b>R1N(R2)-NO</b>	Nitrosamina
<b>SINAC</b>	Sistema de Informació Nacional d'Aigües de Consum
<b>SWET</b>	SoftenedWaterEczema Trial
<b>UAB</b>	Universitat Autònoma de Barcelona
<b>UE</b>	Unió Europea
<b>ZV</b>	Zona Vulnerable

## **9.2 PARAULES CLAU**

**Aigua de consum**

**Contaminació de l'aigua**

**Dermatitis atòpica o èczema**

**Duresa de l'aigua**

**Espanya**

**Baix pes en néixer**

**Estudi epidemiològic**

**Nitrats**

**Salut Infantil**

**Projecte INMA**



# **PRESSUPOST I PROGRAMACIÓ**





## 10. PRESSUPOST

D'acord amb els serveis prestats i les taules salarials del CREAL al 2014:

- el sou brut com a tècnic IV és de 17.029,60€/any
- el cost empresa és de 22.649,37€/any
- les hores establertes en el conveni de treball del CREAL és de 1624 hores.

Tot seguit es presenta la previsió del pressupost d'elaboració del projecte:

Costos variables	Tipus	Concepte	Preu unitari	Unitaris	Persones	Preu (€)
<b>Personals</b>	Honoraris	Treball de despatx	14€/h	680 h	1	9520
		Treball de camp	14€/h	38 h	1	532
		Treball de laboratori	14€/h	12 h	1	168
<b>Materials</b>	Materials per al laboratori	Test Kit duresa total, rang alt	26€	2	-	52
		Test Kit duresa total, 40-500 mg/L	7,5 €	1	-	7,5
	Materials variat d'oficina	Impressions	0,04€/pg	132pàg	3 còpies	15,84
		Enquadernacions	3€	3 còpies	-	6
		CD's	0,3	4 còpies	-	1,2
<b>Desplaçaments</b>	Mostreig d'aigua	0,27€/km	210 km	-	-	56,7
<b>Dietes</b>	Sabadell	10€	3	1	1	30
<b>Crèdits</b>		Assignatura Obligatoria	27,85€/c	9 crèdit	-	250,65
<b>TOTAL</b>						10639,9
<b>IVA 16%</b>						1702,4
<b>Total + IVA</b>						<b>12342,3</b>



## 11. PROGRAMACIÓ

Aquest projecte s'ha realitzat entre octubre de 2013 i juny de 2014 i el repartiment de tasques en el temps ha estat el següent:

Tasques	Octubre	Novembre	Desembre	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol
Recerca bibliogràfica	x	x	x							
Objectius	x									
Recopilació dades nitrats		x	x							
Contacte amb els responsables INMA (duresa)	x	x								
Recopilació dades duresa a Sabadell			x							
Mostreig d'aigua a Sabadell			x		x			x		
Laboratori. Anàlisi de les mostres			x		x			x		
Preparació base de dades nitrats			x							
Recopilació dades duresa, altres regions				x	x	x				
Anàlisi de dades nitrats				x	x					
Preparació base de dades duresa					x	x				
Anàlisi de dades duresa				x				x		
Resultats nitrats						x	x			
Resultats duresa						x	x	x		
Discussió								x		
Conclusions								x		
Redacció memòria			x	x	x	x	x	x		
Referències	x	x	x	x	x	x	x	x		
Entrega									x	
Presentació										x



# ANNEXOS



## 12. ANNEX

### 12.1 MUNICIPIS DE RESIDÈNCIA PARTICIPANTS EN EL PROJECTE INMA

El moment de reclutament d'aquests municipis va ser a la setmana 12 d'embaràs.

- Astúries:
  - Avilés
  - Castrillón
  - Corvera de Asturias
  - Cudillero
  - Gozón
  - Illas
  - Muros del Nalón
  - Pravia
  - Soto del Barco
- Guipúscoa:
  - Altzaga
  - Antzuola
  - Ataun
  - Azkoitia
  - Azpeitia
  - Beasain
  - Eibar
  - Ezkio-Itsaso
  - Idiazabal
  - Itsasondo
  - Lazkao
  - Legazpia
  - Legorreta
  - Mutiloa
  - Olaberria

- Ordizia
- Ormaiztegi
- Segura
- Tolosa
- Urrestilla
- Urretxu
- Zaldibia
- Zegama
- Zizurkil
- Zumaia
- Zumarraga
- Sabadell:
  - Sabadell
- Valencia:
  - Alaquàs
  - Alcubles
  - Alfara de Patriarca
  - Benaguasil
  - Benissanó
  - Burjassot
  - Bétera
  - Casinos
  - Chulilla
  - Domenyo
  - L'Elia
  - Godella
  - Gátova
  - Higuera
  - Liria
  - Loriguilla
  - Llosa del Bisbe
  - Marines
  - Massamagrell



- Montcada
- Nàquera
- Olocau
- Paterna
- Pedralba
- Pobla de Vallbona
- Riba-roja de Túria
- Rocafort
- Sant Antoni de Benagéber
- Serra
- Torrent
- València
- Vilamarxant
- Villar del Arzobispo
- La Yesa

## 12.2 QUADERN DE RECOLLIDA DE DADES. MOSTREIG D'AIGUA A SABADELL.Desembre 2013

Data: 19/12/13

Tècnics: Anna Navarro Albiol i Laia Font

ID	PUNT DE MOSTREIG	DIRECCIÓ	HORA	OBSERVACIONS
1-A	Benzinera Repsol W.C dones	C/ Lles amb Av. Matadepera	10.12	
2-B	Sorli Discau, WC dones (al costat de la Sirena)	Ronda Collsalarca amb c/ Marçal	10:30	Es veuen moltes bombolles
3-C	Super Distop, WC	C/ Nàpols (davant de Nàpols54)	10:43	
4-D	Bar Chigaco, WC dones	Plaça Benjamín García, 1	11:09	Hi ha descalcificador
5-E	Bar Mirallac. WC dones	Davant de c/ Prat de la Riba, 1	11:28	
6-F	CAP Can Feu. WC dones	C/ Palma 93	11:48	
7-G	Bar Cobi. WC dones	C/ Dr. Almera, 87	12:41	El bar Cobi està tancat. S'agafa la mostra al Bar l'Estoneta, el grifo està ple de calç.
8-H	Benzinera BP.WC dones	C/ Bocaccio amb Ctra Molins	12:10	Benzinera Punt de Trobada
9-I	Mercadona. WC dones	C/ Josep Comas, 121	13:12	Es veuen algunes bombolles
10-J	Bar Bon dia	Ctra. Barcelona, 196-198	13:30	Bar Bon dia tancat. S'agafa la mostra a la nova Toscana
11-K	Dept. Salut. WC dones 2ª planta	Rambla 22	14:01	
12-L	Bar/Restaurant Salva	Pl. Federica Montseny, s/n (està baix la plaça)	15:18	La font pública no funciona. S'agafa la mostra al Bar/Restaurant Salva
13-M	CAP, WC dones	Pl. Cristobal Ramos, 2	15:38	
14-N	Equipament de Benestar Social. WC dones	c/ Anoia amb Plaça Garona	16:03	WC dones
15-O	Edifici Albada (capella) WC planta baixa	Parc Taulí	16:24	Edifici Albada

## QUADERN DE RECOLLIDA DE DADES. MOSTREIG D'AIGUA A SABADELL. Febrer 2014

Data: 17/02/14

Tècnics: Anna Navarro Albiol i Lourdes Arjona

ID	PUNT DE MOSTREIG	DIRECCIÓ	HORA	OBSERVACIONS
1-A	Benzinera Repsol W.C dones	C/ Lles amb Av. Matadepera	10:10	No s'ha ambientat el vial
2-B	Sorli Discau, WC dones (al costat de la Sirena)	Ronda Collsalarca amb c/ Marçal	10:22	No s'ha ambientat el vial
3-C	Super Distop, WC	C/ Nàpols (davant de Nàpols54)	10:35	No s'ha ambientat el vial
4-D	Bar Chigaco, WC dones	Plaça Benjamín García, 1	10:52	S'agafa la mostra a la Fleca Glacé. No s'ha ambientat el vial ni s'ha deixat córrer l'aigua 3 min
5-E	Bar Mirallac. WC dones	Davant de c/ Prat de la Riba, 1	11:11	
6-F	CAP Can Feu. WC dones	C/ Palma 93	11:23	
7-G	Bar L'Estoneta. WC dones	C/ Dr. Almera, 87	11:28	
8-H	Benzinera Punt de trobada C. WC dones	C/ Bocaccio amb Ctra Molins	11:58	
9-I	Mercadona. WC dones	C/ Josep Comas, 121	12:12	
10-J	Bar La nova Toscana	Ctra. Barcelona, 117-119	12:33	
11-K	Dept. Salut. WC dones 2ª planta	Rambla 22	12:47	
12-L	Bar/Restaurant Salva	Pl. Federica Montseny, s/n (està baix la plaça)	13:05	
13-M	CAP, WC dones	Pl. Cristobal Ramos, 2	13:22	
14-N	Equipament de Benestar Social. WC dones	c/ Anoia amb Plaça Garona	13:31	
15-O	Edifici Albada (capella) WC planta baixa	Parc Taulí	13:52	

## QUADERN DE RECOLLIDA DE DADES MOSTREIG D'AIGUA A SABADELL. Maig 2014

Data: 12/05/14

Tècnics: Anna Navarro Albiol i Lourdes Arjona

ID	PUNT DE MOSTREIG	DIRECCIÓ	HORA	OBSERVACIONS
1-A	Benzinera Repsol W.C dones	C/ Lles amb Av. Matadepera	10:16	
2-B	Sorli Discau, WC dones (al costat de la Sirena)	Ronda Collsalarca amb c/ Marçal	10:29	Tancat <sup>2</sup> . S'agafa la mostra al Bar Collsarla (davant del Sorli)
3-C	Super Distop, WC	C/ Nàpols (davant de Nàpols54)	10:40	Tancat <sup>2</sup> . S'agafa la mostra a una casa particular (C/Nàpols 52). No s'ha ambientat la mostra ni s'ha deixat córrer l'aigua 3 min
4-D	Bar Chigaco, WC dones	Plaça Benjamín García, 1	10:55	No s'ha ambientat el vial ni s'ha deixat córrer l'aigua 3 min
5-E	Bar Mirallac. WC dones	Davant de c/ Prat de la Riba, 1	11:11	
6-F	CAP Can Feu. WC dones	C/ Palma 93	11:34	Tancat <sup>2</sup> . S'agafa la mostra al Club Petanca de Sabadell (darrera del CAP)
7-G	Bar L'Estoneta. WC dones	C/ Dr. Almera, 87	11:48	Pica embossada, hi ha calç
8-H	Benzinera Punt de trobada C. WC dones	C/ Bocaccio amb Ctra Molins	12:01	
9-I	Mercadona. WC dones	C/ Josep Comas, 121	12:24	Tancat <sup>2</sup> . S'agafa la mostra al Bar la Granja del pas (al costat del Mercadona)
10-J	Bar La nova Toscana	Ctra. Barcelona, 117-119	12:32	
11-K	Dept. Salut. WC dones 2 <sup>a</sup> planta	Rambla 22	12:48	Tancat <sup>2</sup> . S'agafa la mostra al Bar Catalunya (Rambla 21)
12-L	Bar/Restaurant Salva	Pl. Federica Montseny, s/n (està baix la plaça)	13:03	
13-M	CAP, WC dones	Pl. Cristobal Ramos, 2	13:17	Tancat <sup>2</sup> . S'agafa la mostra al Forn de pa Valero (enfrent del CAP). L'aigua està calenta i no s'ambientat el vial
14-N	Equipament de Benestar Social. WC dones	c/ Anoia amb Plaça Garona	13:29	Tancat <sup>2</sup> . S'agafa la mostra al Bar la Terraza
15-O	Edifici Albada (capella) WC planta baixa	Parc Taulí	13:49	

\* 2. Dia Festiu a Sabadell. Canvi de localització (punts de mostreig)

## 12.3 QUADERN DE RECOLLIDA DE DADES: ANALISIS DE MOSTRES AL LABORATORI.

### Desembre 2013

Data: 19/12/13

Tècnic: Anna Navarro Albiol

ID	RANG D'ANALISIS (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Anàlisis 1				Anàlisis 2				Anàlisis 3				Mitjana	OBSERVACIONS
		V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	
1	0-300	0	0,62	0,62	186	0	0,6	0,6	180	0	0,66	0,66	198	188	
2	0-300	0	0,65	0,65	195	0	0,6	0,6	180	0	0,61	0,61	183	186	
3	0-300	0	0,62	0,62	186	0	0,6	0,6	180	0	0,61	0,61	183	183	
4	0-300	0	0,08	0,08	24	0,08	0,18	0,10	30	0,18	0,23	0,05	15	23	No es té suficient mostra per realitzar l'anàlisi en el rang 0-30 mg/L
5	0-300	0	0,63	0,63	198	0	0,62	0,62	186	0	0,65	0,65	195	190	
6	0-300	0	0,63	0,63	198	0	0,6	0,6	180	0	0,61	0,61	183	184	
7	0-300	0	0,69	0,69	207	0	0,68	0,68	204	0	0,69	0,69	207	206	
8	0-300	0	0,55	0,55	165	0	0,58	0,58	174	0	0,6	0,6	180	173	
9	0-300	0	0,69	0,69	207	0	0,73	0,73	219	0	0,64	0,64	192	206	
10	0-300	0	0,54	0,54	162	0	0,59	0,59	177	0	0,64	0,64	192	168	Es repeteix el 1r anàlisi. Resultat: V <sub>total</sub> =0,55 ml; [CaCO <sub>3</sub> ]=165 mg/L
11	0-300	0	0,75	0,75	225	0	0,66	0,66	198	0	0,66	0,66	198	207	Al 1r anàlisi una de les gotes del buffer ha sortit en menys quantitat.
12	0-300	0	0,35	0,35	105	0	0,32	0,32	96	0	0,31	0,31	93	98	
13	0-300	0	0,6	0,6	180	0	0,59	0,59	177	0	0,58	0,58	174	177	
14	0-300	0	0,61	0,61	183	0	0,65	0,65	195	0	0,62	0,62	186	188	
15	0-300	0	0,68	0,68	204	0	0,67	0,67	201	0	0,64	0,64	192	199	

## QUADERN DE RECOLLIDA DE DADES: ANALISIS DE MOSTRES AL LABORATORI. Febrer 2014

Data: 18/02/14

Tècnic: Anna Navarro Albiol

ID	RANG D'ANALISIS (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Anàlisis 1				Anàlisis 2				Anàlisis 3				Mitjana	OBSERVACIONS
		V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	
1	0-300	0	0,5	0,5	150	0	0,53	0,53	159	0	0,52	0,52	156	155	
2	0-300	0	0,49	0,49	147	0	0,53	0,53	159	0	0,51	0,51	153	153	
3	0-300	0	0,48	0,48	144	0	0,5	0,5	150	0	0,54	0,54	162	152	
4	0-300	0	0,53	0,53	159	0	0,49	0,49	147	0	0,51	0,51	153	153	
5	0-300	0	1,58	1,58	474	0	1,54	1,54	462	0	1,64	1,64	492	476	Es repeteix el procés per comprovar si era error tècnic,.
6	0-300	0	0,53	0,53	159	0	0,52	0,52	156	0	0,54	0,54	162	159	
7	0-300	0	0,5	0,5	150	0	0,51	0,51	153	0	0,52	0,52	156	153	
8	0-300	0	0,53	0,53	159	0	0,53	0,53	159	0	0,53	0,53	159	159	
9	0-300	0	0,52	0,52	156	0	0,49	0,49	147	0	0,54	0,54	162	155	
10	0-300	0	0,55	0,55	165	0	0,52	0,52	156	0	0,51	0,51	153	158	
11	0-300	0	0,52	0,52	156	0	0,51	0,51	153	0	0,53	0,53	159	156	
12	0-300	0	0,26	0,26	78	0	0,24	0,24	72	0,24	0,47	0,23	69	73	No es té suficient mostra per repetir el procés amb el rang 0-30 mg/L
13	0-300	0	0,51	0,51	153	0,51	1,03	0,52	156	0,03	0,48	0,45	135	148	
14	0-300	0	0,54	0,54	162	0	0,56	0,56	168	0	0,53	0,53	159	163	
15	0-300			8 gotes	160									160	S'utilitza el kit 3841 (rang 30 mg/L) ja que s'ha acabat el reactiu 1 del kit 3812

## QUADERN DE RECOLLIDA DE DADES: ANALISIS DE MOSTRES AL LABORATORI. Maig 2014

Data:18/02/14

Tècnic: Anna Navarro Albiol

		Anàlisi 1				Anàlisi 2				Anàlisi 3				Mitjana	
ID	RANG D'ANALISIS (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	V <sub>i</sub> EDTA (ml)	V <sub>f</sub> EDTA (ml)	V <sub>total</sub> EDTA (ml)	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	[CaCO <sub>3</sub> ] (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	OBSERVACIONS
1	0-300	0	0,55	0,55	165	0	0,51	0,51	153	0	0,54	0,54	162	160	
2	0-300	0	0,51	0,51	153	0	0,51	0,51	153	0	0,53	0,53	159	155	
3	0-300	0	0,5	0,5	150	0	0,49	0,49	147	0	0,54	0,54	162	153	
4	0-300	0	0,51	0,51	153	0	0,5	0,5	150	0	0,49	0,49	147	150	
5	0-300	0	0,52	0,52	156	0	0,48	0,48	144	0	0,5	0,5	150	150	
6	0-300	0	0,53	0,53	159	0	0,5	0,5	150	0	0,53	0,53	159	156	
7	0-300	0	0,56	0,56	168	0	0,52	0,52	156	0	0,52	0,52	156	160	
8	0-300	0	0,57	0,57	171	0	0,57	0,57	171	0	0,56	0,56	168	170	
9	0-300	0	0,52	0,52	156	0	0,55	0,55	165	0	0,52	0,52	156	159	
10	0-300	0	0,52	0,52	156	0	0,55	0,55	165	0	0,55	0,55	165	162	
11	0-300	0	0,54	0,54	162	0	0,53	0,53	159	0	0,53	0,53	159	160	
12	0-300	0	0,28	0,28	84	0,37	0,62	0,25	75	0,62	0,92	0,3	90	83	
13	0-300	0,28	0,83	0,55	165	0	0,56	0,56	168	0	0,54	0,54	162	165	
14	0-300	0	0,53	0,53	159	0	0,55	0,55	165	0	0,52	0,52	156	160	
15	0-300	0	0,53	0,53	159	0	0,51	0,51	153	0	0,53	0,53	159	157	

## 12.4 PROTOCOL PER L'ANÀLISI DE LA DURESA DE L'AIGUA MITJANÇANT VALORACIÓ PER EDTA

### 1. Recollida de la mostra



### 2. Afegir 5 gotes del reactiu n°1: Hardness Buffer





3. Afegir 1 gota del reactiu nº 2: Calmagite Indicador



4. Afegir el reactiu 3: "EDTA"



5. Afegir l'EDTA fins que la solució es torni de color morat



6. Quan la mostra es torni de color morada, es té que mesclar uns 15 segons després de cada gota fins que la mostra es torni de color blau



## 12.5 EXEMPLES D'ESTUDIS EPIDEMIOLÒGICS QUÈ ES REALITZARAN AMB LES DADES DEL PROJECTE

### 12.5.1 ABSTRACT PEL CONGRÈS DE LA “INTERNATIONAL SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL EPIDEMIOLOGY” 2014

Title: Contact to water hardness and eczema at 14 months in the INMA Spanish birth cohort.

Authors: Laia Font-Ribera, Anna Navarro Albiol, Esther Gràcia-Lavedan, Ana Esplugues, Ferran Ballester, Ana Jiménez Zabala, Loreto Santa Marina, Ana Fernández Samoano, Adonina Tardon, Jordi Sunyer, Cristina M Villanueva.

Background: Two ecological studies in UK and Japan and two cross-sectional studies in Spain and Belgium have found a positive association between water hardness and eczema among school-aged children. We aim to study the association between contact to hard water and eczema among babies at around 14 months in the INMA Spanish birth cohort.

Methods: Study subjects were recruited at pregnancy (2004-2008) in four Spanish areas. Information on residence, bathing frequency and duration, and symptoms including “having ever had eczema” was collected at 14 months. Weekly minutes bathing were calculated and categorized ( $\leq 30$ , 31-35,  $> 35$ ). Water hardness in municipal water where children were born was ascertained from local authorities. Multivariate mixed logistic regression models were fitted to calculate Odds Ratio (OR) and 95% Confidence Interval (95%CI) of eczema including cohort as random-effect.

Results: Prevalence of having ever had eczema was 22.2%. Mean weekly bath duration was 35 minutes (Interquartile range=21-70). A total of 519 measurements of water hardness were collected from 53 geographical areas where 1806 babies lived. Levels varied between and within cohorts but not across years. Mean  $\text{CaCO}_3$  levels ranged from 280.3 mg/L (SD=66.3) to 47.5 (SD=0.7) in the different areas. A Generalized additive model indicated no linear association between water hardness and eczema. When  $\text{CaCO}_3$  was

categorized in quartiles (<128.4, 128-183, 183-224, >224 mg/L) no association was detected either, with adjusted OR of eczema for increasing quartiles of 0.83 (0.53-1.32), 1.03 (0.61-1.74) and 0.84 (IC95%=0.47-1.51) compared to the lowest quartile. Duration of baths was also not associated with eczema (OR=0.78; 95%CI=0.60-1.03 among children with longest vs. shortest baths).

Conclusion: Contact to water hardness was not related to eczema at 14 months in a Spanish birth cohort including areas with different levels. The association with eczema at 4 years of age will be analyzed in future analysis.

Keywords: water hardness, bathing, eczema, birth cohort, skin.

## 12.5.2 PROPOSTA D'ESTUDI

### PROPUESTA ARTÍCULO CONJUNTO INMA: Comité Editorial

**Título provisional del artículo:**

Exposición a nitrato en agua de consumo durante el embarazo, sus efectos reproductivos y en la función tiroidea.

**Responsable de la propuesta (nombre, centro, e-mail):**

Nadia Espejo-Herrera, Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (CREAL), nespejo@creal.cat

**Cohortes participantes:**

Asturias, Guipúzcoa, Sabadell, Valencia

**Fecha posible inicio del manuscrito:**

Junio 2014

### ANTECEDENTES Y/O OBJETIVOS

El nitrato es un compuesto ubicuo en el ambiente. Las fuentes de agua de consumo, en especial las subterráneas ubicadas en áreas rurales, contienen niveles altos de nitrato provocado por el uso excedente de fertilizantes (Nolan BT 2000). La ingestión a través de la dieta es la ruta más frecuente de exposición humana, pero el agua de consumo puede ser una fuente importante de exposición en niños alimentados con biberón o en adultos con bajo consumo de vegetales (Ward MH 2005). El nitrato ingerido da lugar a la formación endógena de compuestos N-nitroso (NOCs), los cuales se han identificado como teratogénicos y relacionados con anomalías del sistema nervioso central en animales (Givelber HM 1969). El límite regulatorio actual (50 mg/L de nitrato como ión  $\text{NO}_3^-$ ) fue establecido para prevenir episodios de metahemoglobinemia o “síndrome de bebé azul”, que es el efecto más conocido de la exposición aguda a niveles altos de nitrato.

Sin embargo, otros efectos relevantes sobre la salud fueron observados a niveles de exposición más bajos, especialmente en grupos vulnerables de la

población, como niños y mujeres embarazadas (Brender J 2013, Gatseva PD 2008). Estudios en animales demostraron que el nitrato puede atravesar la barrera placentaria, pudiendo producir efectos *in utero* (Manassaram 2006). Estudios epidemiológicos han observado mayor riesgo de malformaciones congénitas y otros efectos reproductivos con la exposición a diferentes niveles de nitrato durante el embarazo. La exposición a niveles <50 mg/L en agua subterránea se encontró asociada a un mayor riesgo de anencefalia (OR= 2.1, 95% CI: 1.1-4.1 para niveles de 5–15 mg/L y OR =2.3, 95% CI: 1.1, 4.5 para 16–35 mg/L comparados con <5 mg/L) (Croen LA 2001). Un estudio reciente encontró un mayor riesgo de espina bífida, fisura palatina y fisura labial en niños nacidos de madres que durante el embarazo ingirieron  $\geq 5$  mg de nitrato (versus <1.0 mg) a través de agua de consumo. Los niveles medios observados en ese estudio para agua embotellada, municipal y agua de pozos privados eran mucho menores al límite regulatorio (0.33, 5.0 y 17.6 mg/L de  $\text{NO}_3^-$  respectivamente) (Brender J 2013). Otro estudio observó que la exposición a una mezcla de nitrato y pesticidas (metabolitos de atrazina) en agua de consumo durante el segundo trimestre de la gestación, incrementó el riesgo de dar a luz niños pequeños para la edad gestacional, aunque no se observó una clara dosis respuesta en relación a los niveles de nitrato (Migeot V 2013). Otros estudios evaluaron la asociación con aborto espontáneo y muerte fetal, sin llegar a resultados concluyentes (Manassaram 2006). En resumen, la evidencia provista por estudios epidemiológicos en relación a la exposición a nitrato en la gestación y el riesgo de anomalías congénitas y efectos reproductivos (parto prematuro, bajo peso al nacer y restricción de crecimiento intrauterino) es escasa e inconcluyente (Ward 2005; Manassaram 2006).

Se ha observado también que la exposición a nitrato en agua de consumo produce efectos adversos a nivel tiroideo en niños y adultos (Gatseva 2008). Niños con niveles altos de nitrato en orina presentan niveles elevados de TSH en sangre (Cao 2010). Dosis altas de nitrato inhiben la absorción de yodo ( $\text{I}^-$ ) a nivel tiroideo por mecanismos de competición. La disminución de yodo disponible provoca a su vez una disminución en la producción de hormonas tiroideas (Tonacchera M. 2004). Cuando los niveles de estas hormonas están disminuidos, existe una elevación compensatoria de TSH (Hormona



estimulante tiroidea), por lo que niveles altos o bajos de TSH reflejan hipo o hiperfunción de la glándula tiroides, respectivamente (Aschebrook-Kilfoy B et al 2012).

El estudio INMA brinda la oportunidad de evaluar los efectos adversos asociados a la exposición a nitrato en agua de consumo durante el embarazo, superando las limitaciones de estudios previos, en especial referentes a la evaluación de la exposición. La información de historial residencial durante la gestación será unida a los datos de niveles de nitrato disponibles en los municipios de estudio, para estimar la exposición individual durante este periodo. La información de la exposición a otros contaminantes del agua probablemente asociados a efectos reproductivos (subproductos de la cloración), también está disponible para ser analizada.

Los objetivos de este estudio son: evaluar la asociación entre la exposición a nitrato en agua de consumo durante el embarazo y efectos reproductivos (parto prematuro, bajo peso al nacer y restricción del crecimiento intrauterino), y la función tiroidea durante el embarazo, tomando en cuenta los hábitos de consumo de agua en las madres y la exposición a otros contaminantes en el agua (subproductos de la cloración).

## **VARIABLES**

**Variables para estimar la exposición durante la gestación:** dirección completa de las residencias durante el embarazo, principal fuente de agua de consumo en el hogar (municipal, embotellada, otra), cantidad de agua consumida por día. Niveles de nitrato del agua de consumo. Se modelarán los niveles siguiendo una metodología similar a la seguida para los THMs.

**Variables de resultados:** parto prematuro, peso al nacimiento, pequeño para la edad gestacional, niveles de TSH y hormonas tiroideas durante el embarazo.

**Covariables:**

**Generales:** área de estudio, información estacional (durante el embarazo y al nacimiento).



**Referentes a la madre:** edad, raza (etnia), nivel educativo, enfermedades durante la gestación (particularmente desórdenes inflamatorios gastrointestinales). Consumo de modificadores de la nitrosación endógena (incluyendo vitamina C, vitamina E, carne roja y procesada). Uso de antiinflamatorios, antiácidos, suplementos nutricionales durante el primer trimestre (ácido fólico). Consumo de tabaco (1 año antes de la concepción y durante el primer trimestre del embarazo).

**Referentes al recién nacido:** sexo, fecha de nacimiento, enfermedades concomitantes.

### **PLAN DE TRABAJO (fechas pendientes de confirmación)**

FEBRERO 2014: Presentación de la propuesta al comité directivo de INMA.

JUNIO 2014: Base de datos disponible

JULIO- NOVIEMBRE 2014: análisis de datos; redacción primer borrador

NOVIEMBRE 2014: circulación de tablas y primer borrador del manuscrito

DICIEMBRE 2014: incorporación de cambios y redacción final del manuscrito

ENERO 2015: envío manuscrito a la revista.

### **REFERENCIAS**

Aschebrook-Kilfoy B, Heltshe SL, Nuckols JR, Sabra MM, Shuldiner AR, Mitchell BD, Airola M, Holford TR, Zhang Y, Ward MH. Modeled nitrate levels in well water supplies and prevalence of abnormal thyroid conditions among the Old Order Amish in Pennsylvania. Environ Health. 2012;11:6. doi: 10.1186/1476-069X-11-6.

Brender JD, Weyer PJ, Romitti PA, Mohanty BP, Shinde MU, Vuong AM, Sharkey JR, Dwivedi D, Horel SA, Kantamneni J, Huber JC Jr, Zheng Q, Werler MM, Kelley KE, Griesenbeck JS, Zhan FB, Langlois PH, Suarez L, Canfield MA; National Birth Defects Prevention Study. Prenatal nitrate intake from drinking water and selected birth defects in offspring of participants in the national birth defects prevention study. Environ Health Perspect. 2013 Sep;121(9):1083-9.

Cao Y, Blount BC, Valentin-Blasini L, Bernbaum JC, Phillips TM, Rogan WJ. Goitrogenic anions, thyroid-stimulating hormone, and thyroid hormone in infants. *Environ Health Perspect.* 2010; 118(9):1332-7.

Croen LA, Todoroff K, Shaw GM. Maternal exposure to nitrate from drinking water and diet and risk for neural tube defects. *Am J Epidemiol.* 2001; 153(4):325-31.

Gatseva PD, Argirova MD. High-nitrate levels in drinking water may be a risk factor for thyroid dysfunction in children and pregnant women living in rural Bulgarian areas. *Int J Hyg Environ Health.* 2008 Oct;211(5-6):555-9.

Givelber HM, DiPaolo JA. Teratogenic effects of *N*-ethyl-*N*-nitrosourea in the Syrian hamster. *Cancer Res* 1969; 29:1151–5.

Manassaram DM, Backer LC, Moll DM. A review of nitrates in drinking water: maternal exposure and adverse reproductive and developmental outcomes. *Environ Health Perspect.* 2006;114(3):320-7. Review.

Migeot V, Albouy-Llaty M, Carles C, Limousi F, Strezlec S, Dupuis A, Rabouan S. Drinking-water exposure to a mixture of nitrate and low-dose atrazine metabolites and small-for-gestational age (SGA) babies: a historic cohort study. *Environ Res.* 2013; 122:58-64.

Nolan BT, Stoner JD. Nutrients in groundwaters of the conterminous United States, 1992-1995. *Environ Sci Technol.* 2000; 34:1156–1165.

Tonacchera M, Pinchera A, Dimida A, Ferrarini E, Agretti P, Vitti P, Santini F, Crump K, Gibbs J. Relative potencies and additivity of perchlorate, thiocyanate, nitrate, and iodide on the inhibition of radioactive iodide uptake by the human sodium iodide symporter. *Thyroid.* 2004 Dec;14(12):1012-9.

Ward MH, deKok TM, Levallois P, Brender J, Gulis G, Nolan BT, VanDerslice J; International Society for Environmental Epidemiology. Workgroup report: Drinking-water nitrate and health--recent findings and research needs. *Environ Health Perspect.* 2005; 113(11):1607-14.